О. В. Тагліна

БІОЛОГІЯ

10 клас





Академічний рівень
Рівень стандарту

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

УДК 57(075.3)
ББК 28.0я721
Т13

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України № 177
від 03.03.2010)

Наукова експертиза здійснена
Інститутом клітинної біології та генетичної інженерії
Національної академії наук України

Психолого-педагогічна експертиза здійснена
Інститутом педагогіки Національної академії педагогічних наук України

Незалежні експерти:

С. Є. Бухальська, старший викладач, Рівненський обласний інститут післядипломної освіти;

І. Ф. Кедич, завідуюча РМК, Підгаєцький РМК, Тернопільська обл.;

О. А. Мазур, методист, Барський РМК, Вінницька обл.;

В. В. Юрович, учитель, СЗШ № 15, м. Львів;

Л. О. Тасенко, вчитель, Комунальний заклад «Навчально-виховне об'єднання І—ІІІ ст. № 16 — дитячий юнацький центр "Лідер" Кіровоградської міської ради».

Рецензенти:

О. М. Білик, учитель-методист, учитель хімії харківської школи І—ІІІ ступеня № 35 Харківської міської ради Харківської області;

О. О. Жигуліна, учитель-методист, учитель біології, м. Харків;

Є. О. Цуканова, учитель-методист, учитель біології Клугіно-Башкирівської гімназії, м. Чугуїв.

Видано за державні кошти. Продаж заборонено

Тагліна О. В.

Т13 Біологія. 10 клас (рівень стандарту, академічний рівень). Підруч. для загальноосв. навч. закл. — Х.: Вид-во «Ранок», 2010. — 256 с.: іл.

ISBN 978-611-540-779-8

Підручник містить обов'язковий обсяг навчального матеріалу, необхідні теоретичні відомості й поняття, лабораторні і практичні роботи, передбачені чинною програмою (рівень стандарту й академічний рівень). Для закріплення матеріалу запропоновано різнорівневі завдання, для перевірки знань — тестові завдання. Кольорові ілюстрації, сучасне оформлення сприятимуть ефективному засвоєнню навчального матеріалу.

Призначений для учнів 10 класів, які навчаються за програмою рівня стандарту й академічного рівня.

УДК 57(075.3)
ББК 28.0я721

ISBN 978-611-540-779-8

Шановні друзі!

Ви починаєте вивчати курс «Загальна біологія», у якому ознайомитеся з молекулярним, клітинним і організмовим рівнями організації живої природи, особливостями живих систем, навчитеся проводити деякі біохімічні досліди і розв'язувати задачі з молекулярної біології. Це допоможе вам зрозуміти, чому саме біологічні науки є теоретичною основою медицини, агрономії, тваринництва, а також усіх галузей виробництва, які пов'язані з живими організмами.

Як працювати з підручником

Підручник призначений для роботи за чинною програмою рівня стандарту й академічного рівня. Матеріал підручника поділено на розділи, теми й параграфи.

На початку кожної теми наведено перелік ключових питань, які розглядатимуться у відповідних параграфах. Закінчується тема завданнями для проектної і групової роботи, наведено також план її виконання. У кінці кожного розділу пропонуються тести для перевірки знань.

Кожен параграф, крім основного тексту, має такі рубрики: «Опорні точки» (висновки), «Пригадайте», «Дізнайтеся більше», «Наука — практиці». Усі вони дадуть можливість краще зрозуміти й запам'ятати новий матеріал. Якщо біля назви параграфа чи якоїсь його частини стоїть знак «*», то це означає, що цей матеріал є обов'язковим для вивчення лише за програмою академічного рівня. Для навчання за програмою рівня стандарту такий матеріал не є обов'язковим, у цьому випадку він може використовуватися як додатковий матеріал для поглибленого вивчення.

Після параграфа наведено запитання для контролю і самоконтролю та лабораторні й практичні роботи. Завдання, що помічені знаком « », є завданнями достатнього рівня складності, знаком « » — високого рівня складності. Завдання без умовних позначок є завданнями початкового й середнього рівня складності.

Для швидкого пошуку інформації у підручнику можна скористатися алфавітним покажчиком, наведеним у кінці книги.

Успіхів вам у пізнанні таємниць живої природи та творчого і приємного навчання!



ВСТУП

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- видатних учених-біологів України;
- методи біологічних досліджень;
- сучасне визначення поняття «життя»;
- основні властивості живого і рівні організації живої матерії.

Навчитеся:

- розуміти значення біологічної науки в житті людини й суспільства;
- характеризувати методи біологічних досліджень;
- пояснювати зв'язок біології з іншими природничими та гуманітарними науками.

§ 1. Значення біологічної науки в житті людини й суспільства

Людство в процесі свого розвитку завжди виявляло інтерес до пізнання живої природи, оскільки знання про живі організми є життєво необхідними для людини. Рослини й тварини були джерелом їжі, використовувалися у промисловому виробництві, медицині, побуті. Невидимий світ мікроорганізмів мав різнобічний вплив на людину, приховував у собі як небезпеку для її життя й здоров'я, так і можливості для вдосконалення виробництва продуктів харчування, ліків та інших необхідних речей. Отже, життя людства неможливе без знань про живу природу, які надає наука біологія.

Біологія (від грец. *bios* — життя, *logos* — учення) — це наука про життя та його закономірності. Термін «біологія» запропонували у 1802 р. Ж. Б. Ламарк та Г. Р. Тревіранус незалежно один від одного. Біологія вивчає величезне різноманіття живих систем і живих істот,

зокрема й тих, що вимерли, їхню будову й функції, походження та взаємозв'язки, поширення й розвиток, зв'язки між живою і неживою природою. Біологічні науки є теоретичною основою медицини, агрономії, тваринництва, а також усіх галузей виробництва, пов'язаних із живими організмами.

Завдяки знанню законів спадковості та мінливості можна створювати високопродуктивні сорти культурних рослин і породи свійських тварин. Біологічні знання допомагають у боротьбі зі шкідниками та хворобами культурних рослин, паразитами тварин. Досягнення сучасної біології набули практичного застосування у промисловому біологічному синтезі амінокислот, кормових білків, ферментів, вітамінів, стимуляторів росту й засобів захисту рослин, інших необхідних речовин.

За допомогою методів генної інженерії біологи створили організми з новими комбінаціями спадкових ознак і властивостей, наприклад рослини з підвищеною стійкістю до захворювань, засолення ґрунтів, здатністю до фіксації атмосферного азоту тощо. Багато сільськогосподарських культур створено за допомогою методів генної інженерії, серед них 11 сортів сої, 24 сорти картоплі, 32 сорти кукурудзи, 3 сорти цукрового буряку, 5 сортів рису, 8 сортів томатів, 3 сорти пшениці.

Дізнайтеся більше

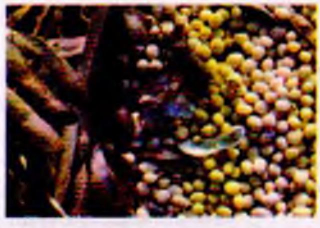
Генетично модифіковані сільгоспкультури широко використовуються у світовому сільському господарстві, оскільки вони не потерпають від шкідників, стійкі до пестицидів, не потребують рясного поливання. Зовні вони не відрізняються від сортів, отриманих методами традиційної селекції (мал. 1.1).

Пригадайте

Пестициди — це хімічні речовини, що використовуються для боротьби зі шкідливими організмами.



а



б

Мал. 1.1. Генетично модифіковані кукурудза (*а*) та соя (*б*)

Генна інженерія лежить в основі розробки принципів біотехнології, пов'язаної з виробництвом біологічно активних речовин — це, наприклад, інсулін, антибіотики, інтерферон, нові вакцини для профілактики інфекційних захворювань людини та тварин.

Теоретичні досягнення біології широко застосовуються в медицині. Наприклад, генетичні дослідження дозволяють розробляти методи ранньої діагностики, лікування та профілактики багатьох спадкових хвороб людини.

Дізнайтеся більше

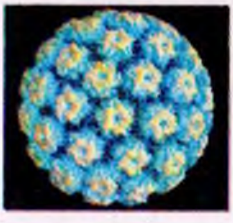
Нобелівську премію з біології та медицини у 2008 р. поділили Гаральд цур Хаузен («за відкриття вірусів папіломи людини, що спричиняють рак»), Франсуаза Барре-Сінуссі та Люк Монтаньє («за відкриття вірусу імунодефіциту людини») (мал. 1.2). Значення цих відкриттів для боротьби з раком та СНІДом є величезним. Від них залежить порятунок мільйонів людей.

Розв'язання таких важливих проблем сучасності, як охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів і підвищення продуктивності рослинного світу, є можливим лише на основі біологічних досліджень.

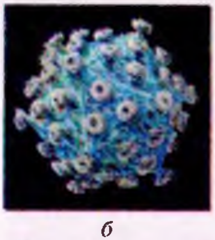
Визначні відкриття, зроблені в різних галузях біології, висунули її на передній план природознавства, суттєво вплинули на побудову сучасної наукової картини світу.

Система біологічних наук

Історичний шлях розвитку біології призвів до формування системи біологічних наук. За досліджуваними об'єктами серед них можна виділити, наприклад, зоологію, ботаніку, мікологію, вірусологію; за досліджуваними властивостями та функціями — фізіологію, ембріологію, генетику, етіологію; за рівнями організації живого — молекулярну біологію, цитологію, гістологію, анатомію, екологію.



а



б

Мал. 1.2. Вірус папіломи людини (*а*) та вірус імунодефіциту людини (*б*)



Багато біологічних наук є комплексними, інтегрованими, наприклад біохімія, біофізика, радіобіологія, біогеографія, біологія індивідуального розвитку.

Біологія тісно пов'язана з іншими природничими дисциплінами. На стиках наук виникають і успішно розвиваються нові напрямки: біокібернетика, біоніка, математична біологія, біоінформатика.

Сучасна біологія активно освоює й гуманітарну сферу, досліджуючи біологічні витоки таких явищ, як культура, мистецтво, влада, агресивність, альтруїзм, управління, лідерство, любов. Розвиваються такі науки, як етологія людини, соціобіологія, еволюційна психологія тощо.

Опорні точки

Сучасна біологія сформувалася в результаті тисячолітнього розвитку наукової думки. Біологія — багатогранна наука, що включає різні напрямки та галузі знань. Вона є фундаментом для розвитку інших галузей знань, відіграє важливу роль у промисловості, сільському господарстві та медицині.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що вивчає біологія?
2. Які біологічні науки ви знаєте?
3. Які біологічні науки можна виділити за рівнями організації живого?
4. Наведіть приклади практичного застосування біологічних знань.
5. Чому біологія тісно пов'язана з іншими природничими дисциплінами і гуманітарними науками?
6. Користуючись «Енциклопедичними сторінками» (с. 8—15), проаналізуйте великі теоретичні відкриття, які були зроблені в біології у XIX ст.
7. Користуючись «Енциклопедичними сторінками» (с. 8—15), проаналізуйте великі теоретичні відкриття, які були зроблені в біології у XX ст.

Історія розвитку біології

Хоча сама біологія формувалася як наука у XIX ст., біологічні дисципліни зародилися значно раніше у філософії, природничій історії та медицині. Своїм корінням сучасна біологія сягає давнини і бере початок у Давньому Єгипті та Давній Греції.



Арістотель (384—322 до н. е.)

Основи зоології заклав грецький філософ Арістотель. Він уперше в історії впорядкував знання про природу, виділивши основні її компоненти: неорганічний світ, рослини, тварини, людину. Свої погляди на явища природи Арістотель виклав у творах «Історія тварин», «Про виникнення тварин» та інших.



Теофраст (бл. 370 — бл. 286 до н. е.)

Батьком ботаніки вважають філософа Теофраста — учня Арістотеля, який написав «Природну історію рослин». Поряд зі спостереженнями загального характеру ця книга містить рекомендації щодо практичного застосування рослин. Теофраст дав основи класифікації та фізіології рослин, описав майже 500 видів рослин.



Клавдій Гален (131—200 н. е.)

Поява науки анатомії пов'язана з класичною працею давньоримського лікаря Клавдія Галена «Про частини людського тіла», у якій уперше було подано анатомо-фізіологічний опис людини.



Андреас Везалій (1514—1564)

Пізніше Андреас Везалій дав науковий опис будови органів і систем організму людини, а Вільям Гарвей вивчив велике і мале кола кровообігу.

Роберт Гук (1635—1703)



Поява на початку XVII ст. мікроскопа дала змогу вивчати мікроорганізми, їхню будову та функції.

Роберт Гук, Марчелло Мальпігі, Ян Сваммердам та Антоні ван Левенгук започаткували вивчення клітин і тканин. Левенгук уперше побачив під мікроскопом бактерій та одноклітинних тварин.

Антоні ван Левенгук (1632—1723)



Антоні ван Левенгук — голландський натураліст, який сконструював мікроскоп. Мікроскоп Левенгука є унікальним виробом і за технологією виготовлення, і за результатами застосування.

За допомогою своїх мікроскопів Левенгук досліджував структуру різних форм живої матерії. Він стверджував, що слід утриматися від міркувань, коли говорить дослід.



Мікроскоп Левенгука

Карл Лінней (1707—1778)



Карл Лінней — шведський природознавець: ботанік, зоолог і лікар — видатний учений XVIII ст., перший президент Шведської академії наук.

У 1735 р. він опублікував свою основну працю під назвою «Система природи». Карл Лінней описав близько 4200 видів тварин і 1500 видів рослин.



CAROLI LINNÆI

SYSTEMA NATURÆ,

REGNA TRIA NATURÆ

CLASSES, ORDINES,

GENERA, & SPECIES

Обкладинка першого видання книги К.Ліннея «Система природи»



Жан Батист Ламарк (1744—1829)

На початку XIX ст. Ж. Б. Ламарк у книзі «Філософія зоології» вперше сформулював думку про еволюцію органічного світу та рушійні сили еволюції. Саме Ламарк виділив біологію як самостійну науку та ввів до активного наукового обігу сам термін «біологія».



Пам'ятник Ж. Б. Ламарку в Парижі

У XIX ст. з'явилося перше велике наукове узагальнення в біології — клітинна теорія. Її створили Маттіас Шлейден і Теодор Шванн у 1838—1839 рр., а доповнив Рудольф Вірхов у 1855 р. Завдяки клітинній теорії світ дізнався про те, що саме клітина є структурною і функціональною одиницею живого.

XIX ст. позначилося багатьма важливими для розвитку біології подіями.



Маттіас Шлейден (1804—1881)



Рудольф Вірхов (1821—1902)



Теодор Шванн (1810—1882)

Чарлз Дарвін (1809—1882)



Чарлз Дарвін, англійський натураліст і мандрівник, створив теорію еволюції, у якій відкрив основні рушійні сили еволюції — природний добір, спадковість і мінливість.

24 листопада 1859 р. вийшла друком геніальна праця Чарлза Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору або збереження обраних рас у боротьбі за життя», в якій були майстерно викладені і всебічно обґрунтовані наукові основи еволюційної теорії.



Пам'ятна монета, присвячена 200-річчю з дня народження Дарвіна

Грегор Мендель (1822—1884)



Австрійський священик і ботанік Грегор Мендель вивчав закономірності спадковості та заклав основи науки генетики. Він розробив метод гібридологічного аналізу, який став основним генетичним методом.



Пам'ятник Г. Менделю перед меморіальним музеєм у місті Брно споруджено 1910 р. на кошти, зібрані вченими всього світу

Закони Менделя були «перевідкриті» у XX ст. німецьким ботаніком Карлом Корренсом, австрійським ботаніком Еріхом Чермаком та голландським ученим Гуго де Фрізом. Генетика, що зародилася на межі століть, стала однією з найважливіших сучасних біологічних наук.



Гуго де Фріз (1848—1935)



Карл Корренс (1864—1933)



Еріх Чермак (1871—1962)



Томас Хант Морган (1866—1945)

Т. Х. Морган — один з авторів хромосомної теорії спадковості — отримав Нобелівську премію з фізіології та медицини у 1933 р. «за відкриття, пов'язані з роллю хромосом у спадковості». Муха дрозофіла — це улюблений об'єкт досліджень для генетиків усього світу. Дрозофілу вперше почали вивчати саме в лабораторії Моргана.

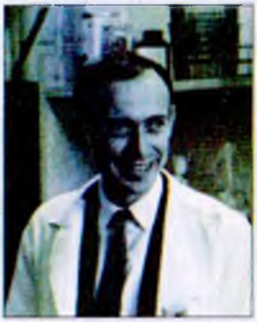
Подальший розвиток еволюційного вчення пов'язаний із досягненнями популяційної генетики та інших нових біологічних наук, що з'явилися у XX ст. Праці Миколи Вавилова, Сергія Четверикова, Олексія Сєверцова, Роберта Фішера, Феодосія Добржанського, Миколи Тимофєєва-Ресовського, Івана Шмальгаузена стали значним внеском у біологію XX ст. і підвели людство до пізнання фундаментальних властивостей живого.



Микола Іванович Вавилов (1887—1943)

М. І. Вавилов — російський і радянський учений-генетик, ботанік, селекціонер, географ, організатор і учасник експедицій, у ході яких було виявлено світові центри походження культурних рослин. Він обґрунтував учення про імунітет рослин, відкрив закон гомологічних рядів у спадковій мінливості організмів.

Епохальними для XX ст. стали відкриття будови молекули ДНК у 1953 р. Джеймсом Уотсоном, Френсісом Кріком, Морісом Уїлкінсом і Розаліндою Франклін, а також відкриття матричного синтезу білків та нуклеїнових кислот і розшифрування генетичного коду. Ці відкриття мали величезне практичне значення, вони спричинили появу таких наукових напрямків, як біотехнологія та генна інженерія.



Джеймс Уотсон
(народився у 1928 р.)



Френсіс Крік
(1916—2004)



Розалінда Франклін
(1920—1958)



Моріс Уїлкінс
(1916—2004)

Важливими стали й екологічні дослідження XX ст., у результаті яких було сформульовано такі поняття, як біогеоценоз (В. Н. Сукачов), екосистема (А. Теслі) та біосфера (В. І. Вернадський).

Видатні вчені-біологи України

Серед всесвітньо відомих учених-біологів багато наших співвітчизників, наприклад засновник учення про біосферу, перший президент Академії наук України академік Володимир Іванович Вернадський (1863—1945), засновник імунології та мікробіології, лауреат Нобелівської премії Ілля Ілліч Мечников (1845—1916), найвідоміший еволюціоніст академік Іван Іванович Шмальгаузен (1884—1963).



В. І. Вернадський (1863—1945) — засновник учення про біосферу



І. І. Мечников (1845—1916) — засновник імунології та мікробіології



І. І. Шмальгаузен (1884—1963) — біолог, зоолог, теоретик еволюційного вчення



Сергій Гаврилович Навашин (1857—1930)

С. Г. Навашин — ботанік, цитолог та ембріолог рослин, який працював у Київському університеті. Він заклав основи морфології хромосом і каріосистематики, відкрив у 1898 р. подвійне запліднення у покритонасінних рослин, створив вітчизняну школу цитології та ембріології рослин.



Іван Миколайович Буланкін (1901—1960)

І. М. Буланкін — видатний український біохімік.

Він працював у Харківському університеті, довгі роки був його ректором. Основні роботи Буланкіна присвячені біохімії білків.



Олександр Онопрійович Ковалевський (1840—1901)

О. О. Ковалевський — автор праць, присвячених порівняльній ембріології та фізіології безхребетних тварин. Зробив значний внесок у розвиток еволюційного вчення.

Микола Іванович Пирогов (1810—1881)



М. І. Пирогов — видатний хірург, заклав основи топографічної анатомії та оперативної хірургії.

Він увійшов в історію як людина, яка зробила хірургію наукою, фактично відкрила в ній нову епоху. Але його діяльність була значно ширшою. Її результатом були й унікальні за точністю анатомічні атласи, і принципово нова техніка проведення операцій, і революційні праці зі знеболювання, і створення військово-польової хірургії.

Микола Федорович Гамалія (1859—1949)



М. Ф. Гамалія — відомий мікробіолог і епідеміолог. Для поглиблення свого досвіду в галузі бактеріології він працював у Парижі в лабораторії Луї Пастера. За сприяння Пастера Гамалія у 1886 р. заснував разом з І. І. Мечниковим і Я. Ю. Бардахом в Одесі першу в Росії (і другу у світі) бактеріологічну станцію. Гамалія вперше в Росії здійснив вакцинацію людей проти сказу.

Олександр Олександрович Богомолець (1881—1946)



О. О. Богомолець — академік, основоположник вітчизняної школи патофізіологів, автор численних праць з ендокринології, порушення обміну речовин, імунітету й алергії, раку, старіння організму тощо. Він очолював створений ним Інститут експериментальної біології і патології та Інститут клінічної фізіології.

Данило Кирилович Заболотний (1866—1929)



Д. К. Заболотний — академік, мікробіолог та епідеміолог. Заснував українську мікробіологічну школу, встановив шляхи поширення холери, розробив ефективну діагностику цього захворювання. Його наукові висновки базувались на багатющому фактичному матеріалі, на подвижницькій практичній боротьбі з інфекційними захворюваннями.

Відомими біологами є ботанік, біохімік та фізіолог рослин Володимир Іванович Палладін (1859—1922) та біохімік, засновник біохімічної школи, основні наукові праці якого присвячені біохімії нервової системи, м'язової діяльності та вітамінів, Олександр Володимирович Палладін (1885—1972).

Світову славу здобули селекціонери Лев Платонович Симиренко (1855—1920), який займався селекцією й акліматизацією плодових рослин, Михайло Федорович Іванов (1871—1935), праці якого присвячені племінній справі, селекції й акліматизації тварин, Василь Якович Юр'єв (1879—1962), який присвятив своє життя селекції зернових культур.

§ 2. Сучасне визначення поняття «життя». Основні властивості живого

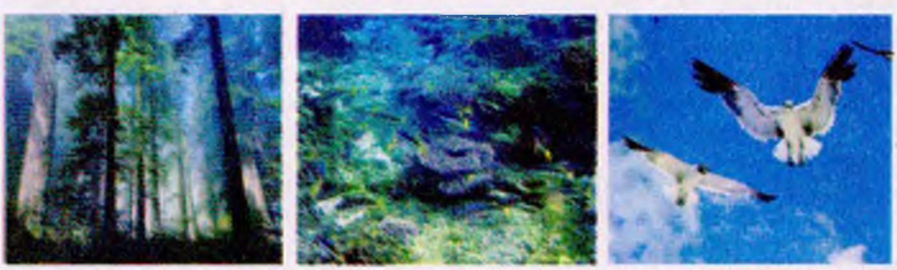
Сучасне визначення поняття «життя»

Життя є настільки різноманітним та багатогранним, що дати однозначне та вичерпне визначення цього явища природи дуже важко (мал. 2.1).

Існує багато визначень життя, які дали різні вчені в різний час. Наприклад, Арістотель визначав життя як «харчування, ріст і старіння», Тревіранус вважав, що життя — це «стійка одноманітність процесів із відмінністю зовнішніх впливів», академік І. П. Павлов визначав його як «складний хімічний процес», а академік О. І. Опарін — як «особливу, дуже складну форму руху матерії».

Життя в сучасному розумінні — це особливий спосіб існування організмів, істотними чинниками якого є обмін речовин із навколишнім середовищем і відтворення подібних собі. Живі системи здатні до впорядкування, створення порядку із хаосу, а також до еволюції з виникненням нових властивостей та якостей. Уся жива речовина Землі, тобто живі організми, спричинила глибокі зміни в розвитку нашої планети.

Життя — це одна з форм існування матерії, якісно вища, ніж фізична й хімічна форми її існування. Життя характеризується низкою особливостей, що відрізняють живе від неживого. Будь-яке визначення життя обов'язково включає опис цих особливостей — основних властивостей живого. Саме про них необхідно знати, щоб дати найбільш вичерпне визначення того, що таке життя.



Мал. 2.1. Життя різноманітне: суходіл, вода й повітря населені різними його формами

Дізнайтеся більше

У Південній Африці на глибині 2,8 км під землею знайдено унікальну екосистему, все населення якої представлене одним-єдиним видом бактерій. Мікроорганізм, який дістав назву *Desulforudis audaxviator*, живе в цілковитій самотності в гарячій підземній воді, насиченій сульфатами, і виробляє всі необхідні для життя речовини з неорганічних сполук.



Desulforudis audaxviator

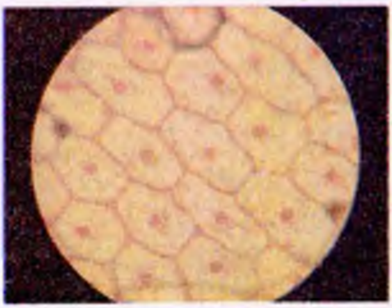
Основні властивості живого

Живі системи мають ознаки, відсутні в багатьох неживих систем. Можливий спосіб описати життя — це назвати основні властивості живих систем. Життя — це особливий стан матерії, якого набуто завдяки таким властивостям:

1. Живі системи стосовно навколишнього середовища є **відкритими системами**, тобто їм властивий особливий спосіб взаємодії з навколишнім середовищем — **обмін речовин та енергії** (мал. 2.2.).
2. Для живих організмів характерна **єдність хімічного складу**. До складу живих організмів входять ті самі хімічні елементи, що й до об'єктів неживої природи. Однак співвідношення елементів у живому та неживому не є однаковим — у живих організмах 98 % хімічного складу припадає на чотири елементи: Карбон, Оксиген, Нітроген і Гідроген.
3. **Єдиний принцип структурної організації**. Елементарною структурно-функціональною одиницею живого є **клітина** (мал. 2.3).



Мал. 2.2. Відкриті системи



Мал. 2.3. Клітини шкірки цибулі



Мал. 2.4. Складність організації



Мал. 2.5. Розмноження

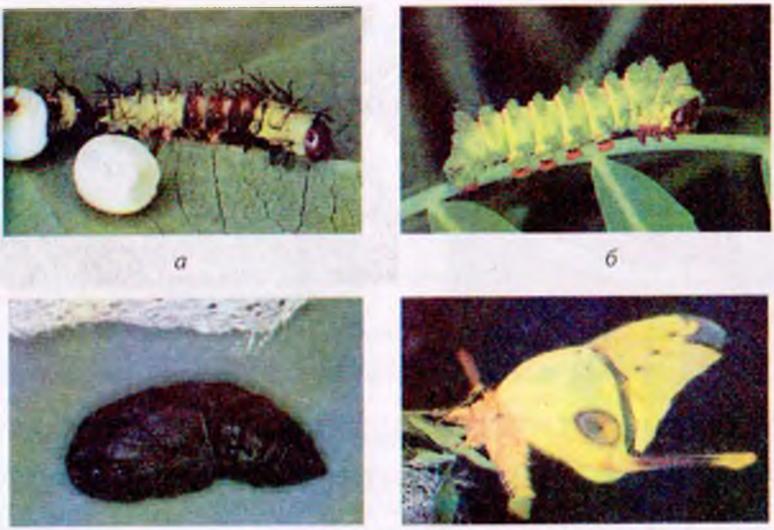
4. Для живих систем характерні **складність і високий ступінь їхньої організації.** Будь-яка складова організму має спеціальне призначення та виконує певні функції. Це стосується не лише органів, а й органел і молекул (мал. 2.4).
5. Існування кожної окремої біологічної системи обмежене в часі, тому підтримування життя пов'язане із **самовідтворенням,** тобто розмноженням. Розмноження живих організмів пов'язане з такими фундаментальними властивостями живого, як спадковість і мінливість (мал. 2.5).
6. **Спадковість** полягає в здатності організмів передавати свої ознаки, властивості й особливості розвитку від покоління до покоління (мал. 2.6).
7. **Мінливість** — це здатність організмів набувати нових ознак і властивостей, існувати в різних формах і варіаціях (мал. 2.7). Мінливість зумовлює різноманіття живих організмів, а це у свою чергу спричиняє появу нових форм життя.
8. Для всіх живих організмів характерні **ріст** і **розвиток.** Процес росту — це збільшення організму в розмірах і масі зі збереженням загальних рис будови. А розвиток супроводжується зміною живих об'єктів, у результаті чого виникає їх новий якісний стан (мал. 2.8).



Мал. 2.6. Спадковість



Мал. 2.7. Мінливість



а б в г

Мал. 2.8. Розвиток комахи:
а — яйце; б — личинка; в — лялечка; г — доросла особина

Розвиток може бути **індивідуальним** та **історичним**. Протягом індивідуального розвитку поступово й послідовно проявляються всі властивості даного організму. Історичний розвиток супроводжується утворенням нових видів і прогресивним ускладненням живих систем.

9. **Подразливість** — невід'ємна риса, властива всьому живому. Вона виражається у реакціях живих організмів на зовнішній вплив. Реакція організмів, що не мають нервової системи (найпростіші або рослини), на вплив зовнішніх чинників виражається у зміні характеру руху або росту.
10. **Дискретність** (від латин. *discretum* — перервчастий, розділений) — важлива загальна властивість матерії. Життя на Землі проявляється у вигляді дискретних, тобто роздільних, форм.
11. Життя є **адаптивним**. Живі організми пристосовуються до різних умов існування.
12. Важливою властивістю живих систем є **авторегуляція**. Живі організми, що живуть в умовах середовища, яке постійно змінюється, можуть підтримувати сталість свого хімічного складу й інтенсивність фізіологічних процесів.



а



б

Мал. 2.9. Ритмічно проходять періоди сну (*а*) та активної діяльності (*б*)

13. Для живих систем характерна **ритмічність**. Періодичні зміни в навколишньому середовищі значно впливають на живу природу, формуючи власні ритми живих організмів, що залежать від ритмічних процесів, притаманних Сонцю, Землі, Місяцю, тобто мають космічне походження. Ритмічність спрямована на узгодження функцій організмів із навколишнім середовищем і є невід'ємною властивістю живого (мал. 2.9).

Дізнайтеся більше

Живі організми пристосовуються до будь-яких умов існування. Результати глибоководного свердління поблизу берегів острова Ньюфаундленд показали, що багато мікроорганізмів живуть на глибині до 1626 м під рівнем морського дна. Там при температурі 60—100 °С існують різноманітні термофільні бактерії.

Опорні точки

Життя — це одна з форм існування матерії, якісно вища, ніж фізична й хімічна форми її існування. Життя характеризується особливими властивостями.

Живі системи щодо навколишнього середовища є відкритими, їм притаманний обмін речовин та енергії. Для живих організмів характерна єдність хімічного складу та єдиний принцип структурної й функціональної організації. Важливими властивостями живого є спадковість, мінливість, подразливість, дискретність, ритмічність тощо. Для всіх живих організмів характерні процеси росту та розвитку.

Запитання для контролю і самоконтролю

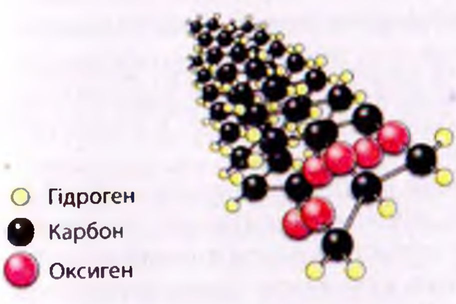
1. Перелічіть основні властивості живого.
2. Яка властивість живого пов'язана із впливом космічних тіл на живі організми?
3. Поясніть, чим відрізняються і як взаємопов'язані такі властивості живого, як ріст і розвиток.
4. Як ви вважаєте, чим відрізняються біологічні системи від об'єктів неживої природи?
5. Спробуйте дати власне визначення життя. Чому це визначення так важко сформулювати?
6. Які ознаки мають бути у невідомого об'єкта, знайденого на іншій планеті, щоб вважати його живим?

§ 3. Рівні організації живої матерії. Методи біологічних досліджень

Рівні організації живої матерії

Уся жива природа побудована за ієрархічним принципом. Це означає, що для неї характерні різні рівні організації структур, між якими існує складна підпорядкованість. Життя на кожному рівні його організації вивчають відповідні галузі біології.

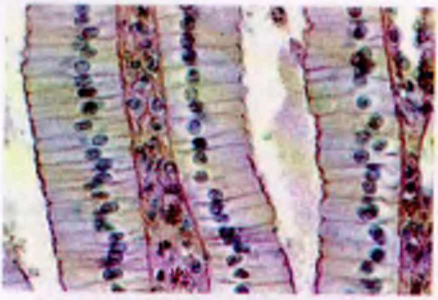
На **молекулярному рівні** проходить межа між живим і неживим (мал. 3.1). Молекулярний рівень живого вивчають такі науки, як біохімія, молекулярна біологія, молекулярна генетика, ензимологія тощо. Предметом дослідження цих наук є структурно-функціональні особливості молекул нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів, ліпідів та інших біологічних молекул. На цьому рівні відбуваються основні процеси життєдіяльності: обмін речовин, збереження спадкової інформації, травлення, дихання, подразливість тощо.



Мал. 3.1. Молекулярний рівень — межа між живим і неживим



Мал. 3.2. Клітинний рівень: органели клітини



Мал. 3.3. Тканинний рівень: епітеліальна тканина



Мал. 3.4. Організмовий рівень — рівень цілісного організму

Клітинний рівень організації живого вивчають такі науки, як цитологія, цитофізіологія, цитогенетика. Предметом цих наук є вивчення структурно-функціональної організації клітин, що виконують роль самостійних організмів (наприклад бактерії, одноклітинні тварини та рослини), і клітин, які входять до складу багатоклітинних організмів (мал. 3.2).

Клітини, що мають спільне походження і будову та виконують схожі функції, утворюють тканини. **Тканинний рівень** організації живого вивчає наука гістологія. Предметом гістології є вивчення структурно-функціональної організації різних типів тканин (мал. 3.3). Оскільки тканини утворюють органи, часто говорять про органно-тканинний рівень організації живого, характерний тільки для багатоклітинних організмів.

Організмовий рівень організації живого — це рівень цілісного організму. Його вивчають багато біологічних наук, наприклад анатомія, фізіологія, ембріологія, біологія розвитку тощо (мал. 3.4).

Організми утворюють біологічні системи надорганізмового рівня — популяції та види, тому виділяють **популяційно-видовий рівень** організації живого. Цей рівень вивчають такі науки, як систематика, популяційна генетика, популяційна екологія, еволюційна біологія тощо. Предметом вивчення цих наук є генетичні, екологічні й еволюційні характеристики популяцій та видів.

Існують системи надорганізмового рівня більш складні, ніж вид. Так, сукупність рослин, тварин, мікроорганізмів, які населяють ділянку суходолу або водоймищ і характеризуються певними відносинами як між собою, так і з іншими чинниками навколишнього середовища, називають біоценозом. Виділяють **біоценотичний рівень** організації живого, який вивчає наука біоценологія.



Мал. 3.5. Екосистемний рівень: поєднання організмів та середовища їхнього життя з усіма його чинниками



Мал. 3.6. Біосферний рівень — найвищий рівень організації життя

Екосистемний рівень організації живого ще складніший. Екосистема — це сукупність організмів різних видів та різної складності організації з усіма чинниками конкретного середовища їхнього життя: компонентами атмосфери, гідросфери та літосфери. Екосистема об'єднує живі і неживі компоненти у єдиний природний комплекс (мал. 3.5).

Біосферний рівень організації живого — це найвищий рівень організації життя на нашій планеті. Біосфера — оболонка Землі, яка заселена живими організмами і перебуває під їхнім впливом; це глобальна екосистема Землі (мал. 3.6). Наука, що вивчає виникнення, еволюцію, структуру та механізми функціонування біосфери, називається біосферологією. У її основі лежить учення В. І. Вернадського про біосферу.

Але не слід забувати про те, що природа не знає нашого поділу на науки, вона єдина, тож рівні організації живого тісно пов'язані між собою.

Методи біологічних досліджень

Біологія вивчає живі системи за допомогою різноманітних методів. Головними є описовий, порівняльний, експериментальний, історичний, статистичний методи та метод моделювання.

Описовий метод ґрунтується на спостереженні, що дає можливість аналізувати й описувати особливості біологічних систем. Щоб з'ясувати сутність того чи іншого біологічного явища, необхідно зібрати фактичний матеріал та описати його (мал. 3.7). Збирання й опис фактів були основним методом дослідження у ранній період розвитку біології, проте він не втратив свого значення й дотепер, набувши поширення в зоології, ботаніці, екології, етології та інших біологічних науках.



Мал. 3.7. Спостереження — основа описового методу



Мал. 3.8. Проведення експериментів — головний метод біологічних досліджень

Порівняльний метод дозволяє шляхом зіставлення вивчати подібність і відмінність організмів та їхніх частин. Завдяки порівняльному методу виникла систематика, клітинна теорія, розвивалися еволюційні погляди. Існує порівняльна анатомія, порівняльна ембріологія, порівняльна фізіологія та багато інших напрямків біології, що використовують цей метод вивчення живого.

Експериментальний метод дослідження явищ природи пов'язаний з активним впливом на них шляхом проведення дослідів (експериментів) у контрольованих умовах. Цей метод дозволяє вивчати явища ізольовано і досягати повторюваності результатів при відтворенні тих самих умов. Експеримент забезпечує більш глибоке, ніж інші методи дослідження, розкриття сутності біологічних явищ. Саме завдяки експериментам природознавство в цілому та біологія зокрема дійшли до відкриття основних законів природи.

Експериментальний метод служить не лише для проведення дослідів, отримання відповідей на поставлені запитання, а й для доведення правильності прийнятої на початку гіпотези або дозволяє скоригувати її (мал. 3.8).

Історичний метод дослідження явищ природи з'ясовує закономірності появи та розвитку біологічних систем, становлення їх структури та функцій.

Статистичний метод дослідження явищ природи ґрунтується на збиранні, вимірюванні й аналізі інформації.

Метод моделювання являє собою вивчення певного процесу чи явища через відтворення його (або його властивостей) у вигляді моделі.

Зазначені методи не вичерпують усього арсеналу методів, використовуваних біологією. Кожна біологічна наука має власні методи для вивчення свого предмета. Наприклад, цитологія застосовує метод світлової мікроскопії та інші цитологічні методи.

Наука — практиці

За допомогою генетичних експериментальних методів було отримано генетично модифікований бавовник, що виробляє шкідливий для комах білок. Це призвело до значного зменшення популяції бавовняної совки — небезпечного шкідника багатьох сільськогосподарських культур. У результаті виграли не лише виробники бавовни, а й селяни, які вирощують сою, кукурудзу, арахіс та різні овочі.

Опорні точки

В основі будови всієї живої природи лежить ієрархічний принцип. Для неї є характерними різні рівні організації живого, між якими існує складна підпорядкованість. Рівнями організації живого є молекулярний, клітинний, тканинний, організмовий, популяційно-видовий, біоценотичний, екосистемний та біосферний.

Головні методи вивчення живої природи: описовий, порівняльний, експериментальний, історичний, статистичний та метод моделювання.

Запитання для контролю і самоконтролю

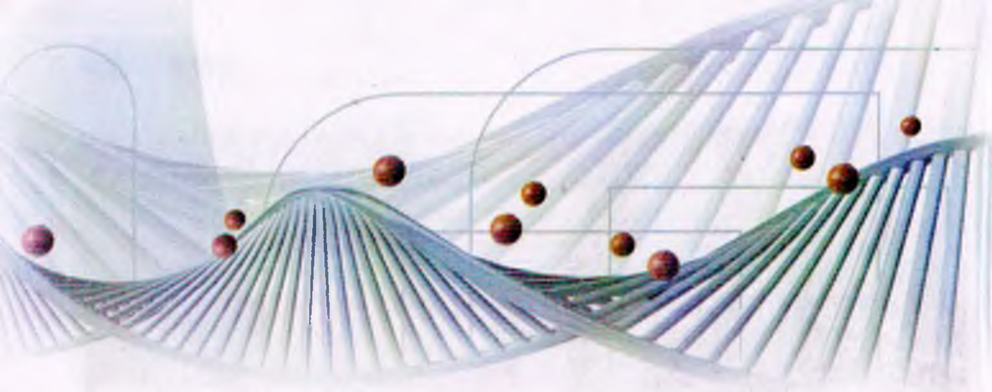
1. Які рівні організації живого ви знаєте?
2. Які науки вивчають молекулярний рівень живого?
3. Які науки вивчають популяційно-видовий рівень організації живого?
4. Що є предметом вивчення цитології, цитофізіології, цитогенетики?
5. • Поясніть, що є спільного та відмінного в описовому та експериментальному методах вивчення живої природи.
6. •• Який рівень організації живого є найвищим на нашій планеті? Доведіть.

Теми для проектної і групової роботи

1. Видатні вчені-біологи України (на вибір учнів).
2. Сучасні методи біологічних досліджень (на вибір учнів).
3. Значення біологічної науки в житті людини та суспільства.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Збір інформації за темою проекту.
5. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).



РОЗДІЛ І. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неорганічні речовини

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- елементний склад живих організмів;
- роль неорганічних речовин у життєдіяльності організмів.

Навчитеся:

- характеризувати хімічні елементи, найважливіші для організму людини;
- пояснювати причини ендемічних та екологічних захворювань;
- застосовувати знання для профілактики захворювань, що виникають через нестачу або надлишок деяких хімічних елементів.

§ 4. Елементний склад живих організмів. Хімічні елементи в живій і неживій природі

Елементний склад живих організмів

Відомо, що до складу клітини входять понад 70 хімічних елементів, але яких-небудь спеціальних елементів, характерних лише для живих організмів, не знайдено. Однак лише щодо 27 елементів достовірно відомо, що вони виконують певні біологічні функції.

Деякі організми інтенсивно накопичують ті чи інші хімічні елементи. Так, деякі морські водорості можуть накопичувати Йод, ряска — Радій, діатомові водорості й злаки — Силіцій, молюски та ракоподібні — Купрум, хребетні — Ферум, деякі бактерії — Манган (мал. 4.1).





Мал. 4.1. Живі організми здатні накопичувати окремі елементи: деякі водорості — Йод, ряска — Радій

Елементний склад живих організмів та об'єктів неживої природи різний (табл. 1). У земній корі в найбільшій кількості містяться чотири елементи: Оксиген, Силіцій, Алюміній і Ферум. А в живих організмах у найбільшій кількості містяться такі елементи, як Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген. Саме ці елементи становлять основу тих хімічних сполук, що виконують важливі біологічні функції.

Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген називають органогенами, або **органогенними елементами**.

Таблиця 1

Вміст деяких хімічних елементів у земній корі й організмі людини (% від загальної кількості атомів)

Земна кора		Організм людини	
Хімічний елемент	**Вміст, %**	**Хімічний елемент**	**Вміст, %**
O	47	H	63
Si	28	O	25,5
Al	7,9	C	9,5
Fe	4,5	N	1,4
Ca	3,5	Ca	0,31
Na	2,5	P	0,22
K	2,5	Cl	0,08
Mg	2,5	K	0,06

Макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи

Хімічні елементи, що входять до складу живих організмів і виконують біологічні функції, називають **біогенними**. За кількісним складом їх поділяють на три групи: макроелементи, мікроелементи та ультрамікроелементи.

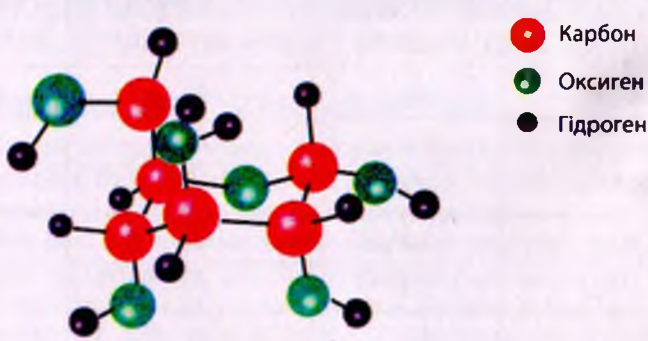
Макроелементи (вміст понад 0,01 %) становлять основну масу сухої речовини організму. Вони беруть участь в утворенні органічних сполук і неорганічних речовин у живих організмах. Це Оксиген, Гідроген, Карбон, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Калій, Кальцій, Магній, Натрій, Хлор. **Органічними** називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг з ковалентно зв'язаних атомів Карбону, який може мати різну просторову структуру (мал. 4.2).

Мікроелементи — переважно йони важких металів, що входять до складу життєво важливих речовин, в організмах містяться в дуже незначних кількостях: від 0,001 до 0,000001 %. Це, наприклад, Ферум, Бор, Кобальт, Купрум, Цинк, Йод, Бром, Ванадій.

Концентрація **ультрамікроелементів** у живому організмі не перевищує 0,000001 %, їхня фізіологічна роль в організмах рослин і тварин остаточно не визначена. До цієї групи належать Уран, Радій, Аурум, Аргентум, Берилій, Цезій, Селен і багато інших.

Пригадайте

Хімічний зв'язок, який виникає в результаті утворення спільних електронних пар, називають ковалентним.



Мал. 4.2. Модель молекули глюкози

Роль хімічних елементів, що входять до складу живих організмів

Хімічні елементи можуть виконувати різноманітні біологічні функції або в складі органічних і неорганічних сполук, або у вигляді аніонів і катіонів (табл. 2).

Пригадайте

Йони — це заряджені частинки речовини, які утворюються з атомів чи груп атомів у результаті віддачі або приєднання електронів. Аніони — негативно заряджені йони (OH^-, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} та інші). Катіони — позитивно заряджені йони (H^+, Na^+, NH_4^+ та інші).

Таблиця 2

Біологічне значення деяких елементів

Елемент, йон	Біологічне значення
P	Входить до складу нуклеїнових кислот, АТФ, ферментів, кісткової тканини й емалі зубів
Ca^{2+}	У рослин входить до складу оболонки клітини, у тварин — до складу кісток і зубів, активізує зсідання крові
K^+	Зумовлює проведення нервових імпульсів; активізує ферменти білкового синтезу, процеси фотосинтезу
Cl^-	Є компонентом шлункового соку у вигляді хлоридної кислоти, активізує ферменти
Na^+	Забезпечує проведення нервових імпульсів, підтримує осмотичний тиск у клітині, стимулює синтез гормонів
Mg^{2+}	Входить до складу молекули хлорофілу, міститься в кістках і зубах, активізує синтез ДНК, енергетичний обмін (мал. 4.3)
I^-	Входить до складу гормонів щитоподібної залози, впливає на обмін речовин
Fe^{3+}	Входить до складу гемоглобіну, міоглобіну, кришталика та рогівки ока, бере участь у синтезі хлорофілу; забезпечує транспортування кисню до тканин та органів (мал. 4.3)
Cu^{2+}	Бере участь у процесах творення крові, фотосинтезу, каталізує внутрішньоклітинні окисні процеси
Mn	Підвищує врожайність рослин, активізує процес фотосинтезу, впливає на процеси творення крові
F	Входить до складу емалі зубів (через його нестачу розвивається карієс, через надлишок — флуороз)

Дізнайтеся більше

Осмотичний тиск — це сила, що діє на напівпроникну мембрану, яка розділяє два розчини з різною концентрацією розчинених речовин, і спрямована від більш концентрованого до більш розведеного розчину.

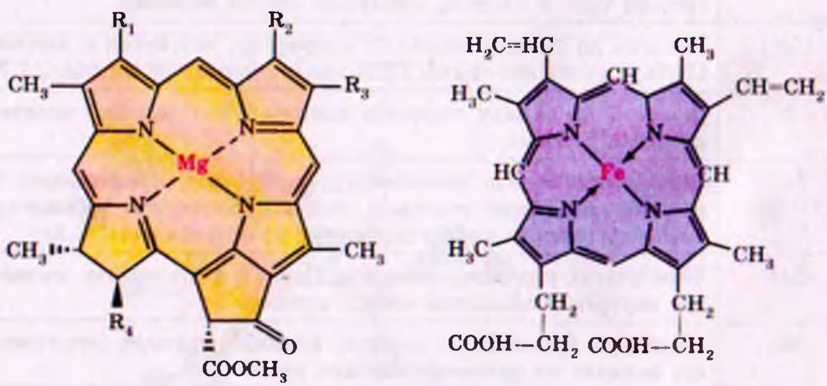
Ступінь важливості та необхідності того чи іншого елемента не визначається його кількісним вмістом в організмі. Мікроелементи, що входять до складу важливих сполук, теж є життєво необхідними. Кобальт, наприклад, входить до складу вітаміну B_{12}, Йод — до складу гормона тироксину, а Купрум — до складу ферментів, що каталізують окисно-відновні процеси в організмах. Значна кількість ферментів містить йони Цинку, Мангану, Кобальту й Молібдену.

Опорні точки

Елементний склад живих організмів та об'єктів неживої природи різний. Хімічні елементи, що входять до складу живих організмів і виконують біологічні функції, називають біогенними.

У живих організмах у найбільшій кількості містяться чотири елементи: Гідроген, Оксиген, Карбон і Нітроген. Їх називають органогенами, або органогенними елементами. Найважливішим для формування структури органічних сполук є Карбон.

Хімічні елементи можуть виконувати різні біологічні функції або в складі органічних і неорганічних сполук, або у вигляді катіонів і аніонів.



Мал. 4.3. До складу молекули хлорофілу входить Магній, молекули гемоглобіну — Ферум

Запитання для контролю і самоконтролю

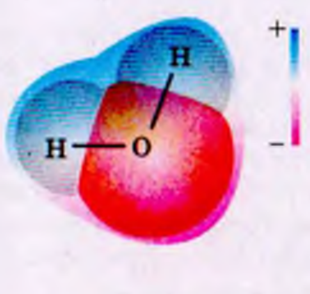
1. Чому деякі елементи називаються біогенними, органогенними?
2. Які хімічні елементи входять до складу живих організмів?
3. Як відрізняється елементний склад організмів від елементного складу об'єктів неживої природи?
4. Які функції виконують мікроелементи?
5. За яким критерієм елементи поділяються на три групи: макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи?
6. Завдяки яким властивостям органогенні елементи можуть бути у складі тих хімічних сполук, що становлять основу життя?
7. Чи важлива кількість того чи іншого хімічного елемента для живих істот? Чому?

§ 5. Вода. Особливості молекули води. Роль води в життєдіяльності організмів

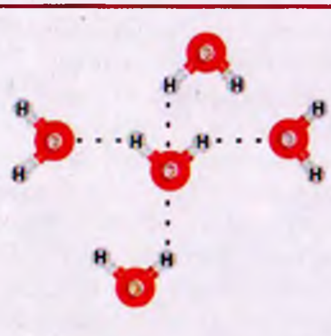
Особливості молекули води

Молекула води (мал. 5.1) містить один атом Оксигену та два атоми Гідрогену. Хімічний зв'язок у ній ковалентний полярний. Оскільки Оксиген активно притягує до себе електрони, що належать атомам Гідрогену, то в ділянці атомів Гідрогену формується невеликий позитивний, а в ділянці атома Оксигену — невеликий негативний заряд.

Завдяки цьому кожна молекула води є диполем і може взаємодіяти з іншими молекулами води, утворюючи водневі зв'язки (мал. 5.2.). Вода має відносно високу температуру кипіння, плавлення й пароутворення, оскільки необхідно витратити додаткову енергію на розривання водневих зв'язків.



Мал. 5.1. Молекула води є диполем



Мал. 5.2. Водневий зв'язок між молекулами води

Пригадайте

Диполь — це молекула, що має однакові за величиною та протилежні за знаком заряди, які розташовані на відстані один від одного.

Оскільки молекула води є диполем, вона може орієнтуватися в електричному полі, приєднуватися до різних молекул і ділянок молекул, що несуть заряд. У результаті цього утворюються гідрати.

Пригадайте

Завдяки полярності молекули води можуть притягуватись одна до одної, тому що між негативним зарядом на атомі Оксигену однієї молекули та позитивним зарядом на атомі Гідрогену іншої молекули виникають сили електричної взаємодії. Такий тип зв'язку називають водневим. Водневий зв'язок набагато слабший за ковалентний.

*Додаткові характеристики води**[1]

Вода в клітині перебуває у двох формах: вільній та зв'язаній. **Вільна вода** становить 96 % усієї води в клітині та використовується переважно як розчинник. **Зв'язана вода**, на частку якої припадає приблизно 4 % усієї води клітини, неміцно з'єднана з білками водневими зв'язками.

Усі речовини клітини поділяються на дві групи: **гідрофільні** («ті, що люблять воду») та **гідрофобні** («ті, що бояться води») (від грец. *hydro* — вода, *phileō* — любити, *phobos* — боязнь).

До гідрофільних належать речовини, які мають високу розчинність у воді. Це солі, цукри, амінокислоти. Гідрофобні речовини, навпаки, у воді практично нерозчинні. До них належать, наприклад, жири. А існують речовини, яким притаманні **гідрофільно-гідрофобні**, або **амфіфільні**, властивості.

Амфіфільність — це властивість молекул речовин, яка полягає у тому, що одна їх частина є гідрофільною, а друга — гідрофобною. До амфіфільних речовин належать, наприклад, фосфоліпіди. Білки також мають амфіфільні властивості, оскільки зазвичай до їх складу входять амінокислоти з гідрофільними та гідрофобними радикалами. За рахунок амфіфільних властивостей фосфоліпідів під час взаємодії з водою вони формують біліпідні шари. Амфіфільність білків впливає на утворення ними третинної та четвертинної структур молекул.

---

[1] Тут і далі підрозділи, позначені зірочкою *, є обов'язковими для вивчення лише за програмою академічного рівня.

Роль води в життєдіяльності організмів

Завдяки своїй незвичайній структурі вода виконує в живих системах безліч функцій. Вона є переважною сполукою в клітині й необхідна для обміну речовин, оскільки є середовищем для перебігу хімічних реакцій.

Вміст води в різних тканинах варіюється залежно від активності обміну речовин у них. Так, у клітинах мозку вода становить до 80 % їх маси, а в клітинах кісток — до 20 %. В організмі людей похилого віку вміст води в клітинах знижується.

Функції води

1. Метаболічна функція. Вода є полярним розчинником, середовищем для біохімічних реакцій, кінцевим продуктом багатьох біохімічних реакцій.

Речовини, розчинні у воді, називаються гідрофільними, а нерозчинні у воді — гідрофобними.

2. Транспортна функція. Вода забезпечує перенесення молекул усередині клітини, з однієї клітини до іншої. Вона є головним компонентом транспортної системи рослин і внутрішнього середовища тварин.

3. Терморегуляторна функція. Вода забезпечує рівномірний розподіл тепла всередині організму, а під час потовиділення у тварин і транспірації у рослин охолоджує організм.

4. Вода як реагент*. Біологічне значення води визначається також тим, що вона сама може виступати як реагент, тобто брати участь у хімічних реакціях. Вода використовується, наприклад, як джерело водню в процесі фотосинтезу.

Дізнайтеся більше

Охолодження організму тварини відбувається в процесі випаровування під час потовиділення. Деякі рептилії, наприклад крокодили, під пекучим сонцем лежать із відкритим ротом.



Для багатьох рослин вологих тропічних лісів звичайним явищем є гутація, яка часто спостерігається на кінчиках листків молодих рослин. Гутація (від латин. *gutta* — крапля) — це процес виведення зайвої води у вигляді крапель рідини на поверхні рослини.



5. Механічна функція. Вода практично не стискається, що є дуже важливим для надання форми соковитим органам і тканинам. У рослин вода зумовлює тургор клітин, а в деяких тварин, наприклад у круглих і кільчастих червів та голкошкірих, виконує опорні функції як гідростатичний скелет.

Пригадайте

Тургор (від латин. *turgere* — бути набухлим, наповненим) — напружений стан клітинної оболонки, який залежить від тиску внутрішньоклітинної рідини.

6. Деякі інші функції. Вода в організмі — складник змащувальних рідин (синовіальної — у суглобах хребетних, плевральної — у плевральній порожнині, перикардіальної — у навколосерцевій сумці). Вона також входить до складу жовчі, слини та слизів, що полегшують пересування речовин кишечником, створюють вологе середовище на слизових оболонках дихальних шляхів.

Дізнайтеся більше

Для води характерний високий поверхневий натяг. Ця властивість має важливе значення для пересування розчинів тканинами (кровообіг, висхідний та спадний токи в рослинах). Багатьом дрібним організмам поверхневий натяг дозволяє утримуватися на воді або ковзати її поверхнею.



Водомір, що використовує поверхневий натяг води

Опорні точки

Роль води в життєдіяльності організмів визначається її унікальними хімічними та фізичними властивостями, пов'язаними передусім із полярністю молекули, її малими розмірами і здатністю утворювати водневі зв'язки.

Вода є найкращим розчинником із відомих рідин та основним середовищем, де відбуваються хімічні реакції. Крім того, вона сама безпосередньо бере участь у хімічних реакціях, що відбуваються в організмах. Це ідеальна рідина для підтримування теплової рівноваги організму. Вода може виконувати функцію гідростатичного скелета, є основним засобом пересування речовин в організмі та сере-довищем життя для багатьох організмів.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які біологічні функції виконує вода?
2. Чи може вода сама виступати як реагент?
3. Як живі організми використовують високий поверхневий натяг води?
4. Чим визначається роль води в клітині?
5. Як властивості води пов'язані з структурою її молекули?
6. Яке значення для живих організмів має висока теплоємність води?

§ 6. Неорганічні речовини в клітині. Роль неорганічних речовин у життєдіяльності організмів

Біологічна роль кисню

Не тільки вода, але й інші неорганічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності клітин і цілого організму. Так, в енергетиці більшості живих істот важливу роль відіграє кисень. Він є окисником поживних речовин у процесі дихання тварин, рослин, грибів і багатьох бактерій, під час якого виділяється енергія, необхідна для життєдіяльності організмів. Без кисню можуть існувати лише порівняно нечисленні види, що живуть у безкисневих умовах і поповнюють свої енергетичні потреби за рахунок бродіння.

Кисень може бути шкідливим для живого організму, якщо він є окисником ДНК та інших життєво важливих компонентів. Тому клітини мають систему захисту від його шкідливої дії.

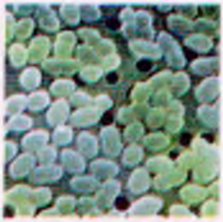
Пригадайте

Бродіння — це анаеробний розпад молекул (найчастіше це глюкоза) за участю мікроорганізмів. Бродіння використовують, наприклад, у виробництві кефіру.

Аеробні організми, або **аероби** (від грец. *aer* — повітря і *bios* — життя), — це організми, здатні жити й розвиватися лише за наявності в середовищі вільного кисню, який вони використовують як окисник. До аеробних організмів належать усі рослини, більшість найпростіших і багатоклітинних тварин, майже всі гриби, частина бактерій, тобто переважна більшість відомих видів живих істот (мал. 6.1).

Анаеробні організми, або **анаероби**, — це організми, що одержують енергію за відсутності доступу кисню шляхом прискореного, але неповного розщеплення поживних речовин. До анаеробів належать група прокаріотів, деякі найпростіші, більшість гельмінтів (мал. 6.2).



Мал. 6.1. Аеробні організми: рослини, тварини, гриби, бактерії

*Біологічна роль йонів**

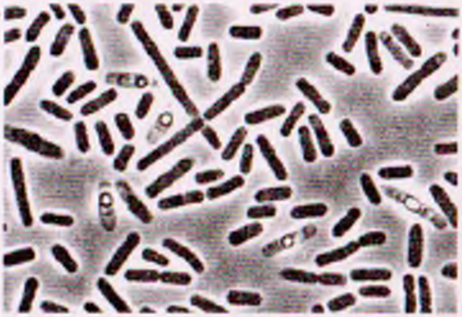
Різниця між кількістю йонів на поверхні та всередині клітини забезпечує виникнення нервового та м'язового збудження, перенесення речовин через мембрану, перетворення енергії.

Аніони ортофосфатної кислоти створюють фосфатну буферну систему, що підтримує pH внутрішньоклітинного середовища організму на рівні 6,9.

Пригадайте

pH — показник, що характеризує кислотність розчину.
Буферні системи — це розчини хімічних сполук, що підтримують певну концентрацію йонів гідрогену H^+, тобто певну кислотність середовища.

Карбонатна кислота та її аніони формують бікарбонатну буферну систему, що підтримує pH позаклітинного середовища (плазма крові) на рівні 7,4.




Мал. 6.2. Анаеробні організми: деякі бактерії та гельмінти

Йони Кальцію та Магнію є активаторами багатьох ферментів, через їх нестачу порушуються життєво важливі процеси в клітинах. Деякі йони беруть участь у створенні осмотичного тиску в клітині, у процесах м'язового скорочення, зсідання крові.

Біологічна роль солей

Важливу роль у життєдіяльності клітини відіграють мінеральні солі, молекули яких у водному розчині розпадаються на катіони й аніони.

Найбільше значення мають солі, що утворюють катіони K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^{+} й аніони Cl^{-}, $H_2PO_4^{-}$, HPO_4^{2-}, HCO_3^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}.

Ряд катіонів і аніонів необхідний для синтезу важливих органічних речовин.

Залишки ортофосфатної кислоти, приєднуючись до ряду білків клітини, змінюють їхню фізіологічну активність. Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді чужорідних речовин, надають їм розчинності та сприяють виведенню їх із клітин та організму.

Неорганічні натрієві й калієві солі нітратної та ортофосфатної кислот, кальцієва сіль сульфатної кислоти є важливими складовими мінерального живлення рослин, тому їх вносять у ґрунт як добрива для підживлення рослин.

Від солей значною мірою залежать надходження води до клітини та буферні властивості клітин і тканин. Якщо концентрація солей у клітині вища, ніж у середовищі, то вода буде надходити у клітину.

У клітині, за умови її нормального функціонування, підтримується чітко визначений якісний та кількісний склад солей. Підвищення вмісту йонів Калію, наприклад, спричиняє токсичний вплив на серцевий м'яз. Відкладення Кальцію в кістках можливе лише за умови присутності йонів Фосфору, коли співвідношення Кальцію та Фосфору становить 2 : 1, а відкладання Фосфору можливе лише за умови присутності вітаміну D.

Хлоридна кислота створює кисле середовище у шлунку тварин і людини й у спеціальних органах комахоїдних рослин, прискорюючи перетравлення білків їжі.

Луги — гідроксиди лужних і лужноземельних металів і амонію — теж відіграють важливу біологічну роль, тому що під час дисоціації утворюють йони OH^{-} та йон відповідного металу.

Опорні точки

Неорганічні речовини відіграють важливу роль у життєдіяльності клітини та цілого організму.

Кисень є окисником поживних речовин під час дихання тварин, рослин, грибів і бактерій.

Із неорганічних солей найбільше значення мають солі, що утворюють катіони K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+ й аніони Cl^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{2-}.

Йони беруть участь у виникненні нервового та м'язового збудження, активному перенесенні речовин крізь мембрану, перетворенні енергії, створенні буферних систем, активації ферментів, створенні осмотичного тиску в клітині й інших життєво важливих процесах.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Яку роль відіграє кисень у живих організмах?
2. Чи є організми, які можуть існувати в безкисневому середовищі?
3. Чи може кисень бути шкідливим для живого організму? Чому?
4. Як підвищення вмісту йонів Калію впливає на серцевий м'яз?
5. Які аніони мають найбільше значення для клітини?
6. Які катіони мають найбільше значення для клітини?
7. Яку біологічну роль відіграє різниця концентрації йонів по різні боки мембрани?
8. Яку біологічну роль відіграють буферні системи?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1*

Тема. Визначення вмісту води у власному організмі

Мета: визначити вміст води у власному організмі.

Обладнання та матеріали: підлогові ваги.

Інформація до практичної роботи

Людина приблизно на 65 % складається з води. Ембріон складається з води на 97 %. З віком вміст води в організмі зменшується. В організмі дорослої людини з масою тіла 70 кг у середньому міститься 42 л води.

Різні тканини організму містять різну кількість води. Найбагатша на воду тканина — склоподібне тіло ока, що містить 99 % води, найбідніша — зубна емаль, у ній води лише 0,2 %. Багато води міститься в речовині мозку.

Хід роботи

1. Визначте свою масу за допомогою підлогових ваг.
2. Визначте масову частку води у вашому організмі, склавши пропорцію:

   ваша маса тіла, кг — 100 %,

   маса води x кг — 65 %.

   Тоді x = (ваша маса тіла × 65) : 100.
3. Зробіть висновок.

§ 7. Контроль хімічного складу води та їжі людини

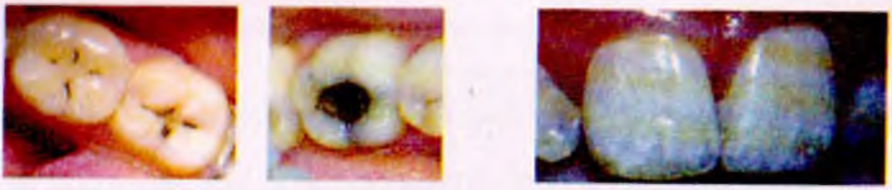
Хімічний склад води

Хімічний склад води — це сукупність речовин, що містяться у воді в різних хімічних та фізичних станах. Тривале використання питної води з порушенням гігієнічних норм щодо її хімічного складу спричиняє розвиток у людини різних захворювань.

Наприклад, Плюмбум відкладається у кістках, призводить до змін у центральній нервовій системі, крові, шлунково-кишковому тракті, а також до порушення обміну речовин, «пригнічення» багатьох ферментів і гормонів. Навіть невелика його кількість у воді чи їжі спричиняє ураження нирок. Алюміній паралізує нервову й імунну системи, особливо сильно впливає на дитячий організм, сприяє розвиткові хвороби Альцгеймера. Хвороба Альцгеймера — це тяжке захворювання головного мозку, що виявляється прогресуючим зниженням інтелекту. Уперше описане німецьким лікарем А. Альцгеймером у 1907 р.

Підвищення концентрації Купруму в питній воді призводить до враження слизових оболонок нирок та печінки, Ніколу — до ураження шкіри, Цинку — нирок, Арсену — центральної нервової системи.

Підвищення вмісту Флуору несприятливо впливає на кісткову, нервову та ферментативну системи організму, зумовлює ураження зубів — флюороз (на зубах з'являються білі та жовті плями, ділянки руйнування емалі). Натомість нестача вмісту Флуору (менш ніж 0,5 мг/л) спричиняє карієс — патологічний процес, при якому відбувається демінералізація і розм'якшення твердих тканин зуба з подальшим утворенням порожнини (мал. 7.1).



а б

Мал. 7.1. Захворювання зубів: карієс, спричинений нестачею вмісту Флуору (*а*); флюороз, спричинений підвищеним вмістом Флуору (*б*)

У природних водах мають міститися і мікроелементи, наприклад Флуор, Йод, Молібден, Селен, і макроелементи, наприклад Натрій, Кальцій, Фосфор. Але надлишкове або недостатнє надходження їх до організму людини спричиняє фізіологічні відхилення або патологічні зміни.

Хімічний склад їжі

Необхідно контролювати також **хімічний склад їжі**. Основними поживними речовинами, необхідними для поповнення енергетичних витрат, побудови та відновлення тканин, є білки, жири та вуглеводи.

За умови раціонального харчування **білки** мають становити 11—13 % добової калорійності раціону людини. Білки, що містяться в різних продуктах харчування, не рівноцінні для організму. Білки тваринного походження не лише самі добре засвоюються організмом, а й сприяють засвоєнню білків рослинного походження. Слід ураховувати не лише сумарну кількість білків, а й їхню якість: до раціону людини має входити не менш ніж половина білків тваринного походження.

Жири — це пластичний матеріал і джерело енергії в організмі. За нормальних умов середня потреба дорослої людини в жирах становить 80—100 г на добу, або 33 % добової енергетичної цінності раціону. Але потреба в жирах змінюється залежно від кліматичних умов: у північній кліматичній зоні вона визначена в розмірі 38—40 % калорійності раціону, в середній зоні — 33 %, а в південній — 27—28 %.

Вуглеводи — основне джерело енергії, і тому їх уживають приблизно в чотири рази більше, ніж білків та жирів. За умови раціонального харчування на частку вуглеводів припадає близько 55 % добової калорійності раціону.

Вітаміни й мінеральні речовини разом із білками, жирами й вуглеводами є необхідною частиною харчування. Забезпечити повністю потреби організму в усіх необхідних вітамінах, ураховуючи лише їх природний вміст у продуктах харчування, дуже важко, а часто й не-

можливо, тож необхідне спеціальне збагачення продуктів харчування вітамінами.

У сучасних умовах контролювати хімічний склад їжі необхідно ще й тому, що існує проблема радіоактивного та хімічного забруднення продуктів харчування. Наприклад, надлишок нітрогенних добрив або отрутохімікатів призводить до зниження якості рослинної продукції, оскільки в ній накопичуються сполуки Нітрогену й отрути. Уживання такої їжі може спричинити в людини серйозне отруєння і навіть смерть.

Оскільки рослини можуть накопичувати в собі практично всі шкідливі речовини, особливо небезпечною є сільськогосподарська продукція, що вирощується поблизу промислових підприємств і великих автошляхів.

Харчові добавки

Харчові добавки — це хімічні речовини, які додають до продуктів харчування для поліпшення смаку, підвищення поживної цінності або запобігання псуванню продуктів під час зберігання.

Поживні добавки містять жири, вуглеводи, білки та клітковину, а також майже всі мікроелементи та вітаміни. Вони покращують якісний склад їжі.

Консерванти призначені для того, щоб протягом тривалого часу зберігати продукти харчування придатними до споживання. Вони містять речовини, що вбивають шкідливі мікроорганізми або не дають їм розмножуватися. З давніх часів люди використовували з цією метою сіль, цукор, кислоти та дим, у якому продукти коптили. Для консервування фруктів та овочів використовують натрій бензоат та калій бензоат. Багато продуктів консервують за допомогою оцтової кислоти (оцту) (мал. 7.2).



Мал. 7.2. Консерванти допомагають зберігати продукти харчування



Мал. 7.3. Прянощі та спеції допомагають змінити смак їжі

Прянощі допомагають змінити смак їжі. Природні прянощі мають дуже непростий склад, але більшість прянощів, якими користуються сьогодні, на жаль, складаються із синтетичних речовин (мал. 7.3).

Барвники надають продуктам, що пройшли обробку, більш привабливого вигляду. Їх поділяють на дві групи: природні та синтетичні. Краще, звичайно, використовувати природні барвники.

Часто фірми-виробники продуктів харчування пропонують свої харчові добавки, наголошуючи, що вони можуть сприяти схудненню, профілактиці певних захворювань, навіть їх лікуванню. **Застосовувати ці харчові добавки можна лише після консультації з лікарем, якому добре відомий стан здоров'я людини. Для підлітка, який харчується раціонально, такі харчові добавки не потрібні.**

Про наявність харчових добавок у продуктах можна дізнатися з інформації, що міститься на етикетці. Вони позначаються літерою «Е» та трицифровим числом, наприклад: Е 220, Е 451, Е 103.

Дізнайтеся більше

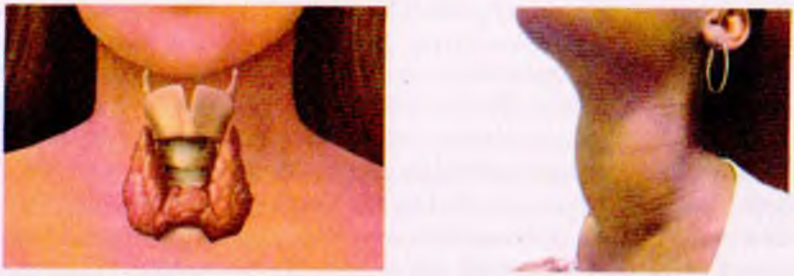
Барвник тартразин, який додають до кондитерських виробів, цукерок, морозива, напоїв, може спричинити харчову алергію. Червоний барвник Red 2G, який використовують у виробництві для приготування дешевих сосисок, може зумовити онкологічні захворювання. Аспартам — синтетичний замінник цукру, який використовують для виготовлення жувальної гумки, — може негативно впливати на психіку.

Причини ендемічних захворювань людини та їх профілактика

Ендемічними називають хвороби, які постійно реєструються серед населення на певній території. Ендемічне захворювання пов'язане з браком або надлишком вмісту певного хімічного елемента в середовищі.

Наприклад, через надлишок Флуору виникає флюороз, Купруму — зміни в нервовій та кровоносній системі, Молібдену — ендемічна подагра, через брак йоду в їжі — ендемічний зоб (збільшення розмірів щитоподібної залози) (мал. 7.4).

Профілактика захворювань людини, що виникають через брак або надлишок хімічних елементів, здійснюється або шляхом додавання елемента, якого бракує, до їжі, або шляхом корегування харчового раціону для зменшення вмісту надлишкового елемента. Наприклад, при йододефіциті використовують йодовану сіль.



Мал. 7.4. Йододефіцитний зоб необхідно вчасно виявляти і лікувати

Рекомендації щодо профілактики ендемічних захворювань складають з урахуванням місця проживання, клімату, пори року, особливостей національної кухні, соціального стану, стану здоров'я та індивідуальних фізіологічних особливостей людини.

Гранично допустимі концентрації речовин у складі води, їжі, засобів побутової хімії, косметичних препаратів тощо

Гранично допустима концентрація (ГДК) — це затверджений на законодавчому рівні санітарно-гігієнічний норматив, що передбачає максимальну концентрацію шкідливої речовини, яка за певний час впливу не шкодить здоров'ю людини та її потомству. Розроблено ГДК для повітря, продуктів харчування, питної води, води водойм, стічних вод, ґрунту.

Санітарно-гігієнічне нормування забруднення продуктів харчування стосується передусім хімічних забруднювачів продуктів харчування:

— металічних елементів (Меркурій, Плюмбум, Хром, Арсен, Кадмій, Кобальт, Станум, Нікол);
— пестицидів та продуктів їх метаболізму;
— нітратів, нітритів, поліциклічних ароматичних сполук, стимуляторів росту сільськогосподарських тварин;
— радіоізотопів (найбільшу небезпеку для здоров'я становлять Стронцій-90 та Цезій-137).

Норми вживання води людиною в різних умовах навколишнього середовища

Існують норми вживання води в різних умовах навколишнього середовища. Питна вода до організму людини має надходити регулярно й у певній кількості. Для здоров'я людини шкідливим є як недостатнє,

так і надлишкове водовживання. Недостатнє вживання води може призвести до зменшення маси тіла, підвищення температури, підвищення в'язкості крові, прискорення пульсу та дихання, появи спраги та відчуття нудоти. Надлишкове пиття порушує процес травлення, створює додаткове навантаження на серцево-судинну систему та нирки, призводить до збільшення виділення необхідних організму речовин.

Норма вживання води залежить від багатьох параметрів, таких як кліматичні умови, температура повітря, вологість, індивідуальні особливості людини, характер виконуваної нею роботи та багатьох інших. При цьому питна вода має бути чистою й містити в необхідній кількості мінеральні речовини.

Опорні точки

Для збереження здоров'я необхідно контролювати хімічний склад води та їжі. Через брак або надлишок вмісту якогось хімічного елемента в середовищі можуть виникнути ендемічні захворювання. Профілактика таких захворювань здійснюється або шляхом додавання елемента, якого замало, до їжі, або шляхом корегування раціону харчування задля зменшення вмісту надлишкового елемента.

Для деяких речовин затверджено гранично допустимі концентрації (ГДК) у повітрі, продуктах харчування, воді, побутовій хімії, косметиці.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому необхідно контролювати хімічний склад питної води та продуктів харчування?
2. Що таке харчові добавки?
3. Що таке гранично допустима концентрація (ГДК)?
4. Що таке ендемічні захворювання?
5. Яким має бути хімічний склад їжі? Унаслідок чого може відбуватися хімічне забруднення їжі?
6. Для чого було введено норматив ГДК?
7. • Чому необхідно контролювати вміст харчових добавок у продуктах?
8. •• У чому полягають причини ендемічних захворювань людини? Як здійснюється профілактика ендемічних захворювань?

Теми для проектної і групової роботи

1. Здійснення контролю хімічного складу води та їжі людини.
2. Причини виникнення ендемічних захворювань людини.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тема 2. Органічні речовини

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- малі органічні молекули, макромолекули (полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти), їхню будову, властивості та функції.

Навчитеся:

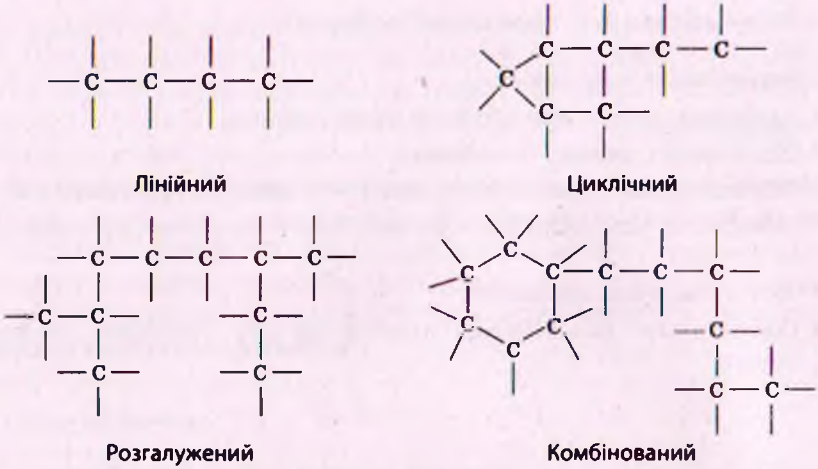
- пояснювати взаємозв'язок будови органічних речовин з їхніми функціями;
- розв'язувати вправи з транскрипції та реплікації;
- застосовувати знання для безпечного використання засобів побутової хімії, біодобавок, медичних препаратів.

§ 8. Структура та функції вуглеводів

Органічні речовини

Органічними називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг, який утворений ковалентно зв'язаними атомами Карбону і може мати різну просторову структуру. Такі сполуки утворюються завдяки здатності атомів Карбону формувати між собою одинарні, подвійні й потрійні зв'язки.

Скелет органічних сполук може бути лінійним, розгалуженим, циклічним і комбінованим, тобто включати всі три попередні варіанти (мал. 8.1).



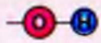
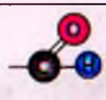
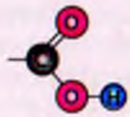
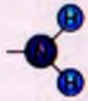
Мал. 8.1. Карбонові скелети

Завдяки неймовірній різноманітності можливих варіантів карбонового скелета органічні сполуки теж є дуже різноманітними.

Різноманітність органічних сполук забезпечується також різними функціональними групами, що входять до їх складу. Саме функціональні групи (табл. 3) надають органічним сполукам характерних особливостей, визначаючи їхній «характер».

Таблиця 3

Основні функціональні групи

Функціональна група	Структурна формула	
Гідроксильна	— OH	
Карбонільна:		
Альдегідна	— C(=O) — H	
Кетонна	— C(=O) —	
Карбоксильна	— C(=O) — OH	
Аміногрупа	— N(H)H	

Значення органічних речовин для живих організмів важко переоцінити, оскільки саме вони забезпечують перебіг усіх процесів життєдіяльності.

Вуглеводи

Вуглеводи — це органічні речовини, до складу яких входять Карбон, Оксиген і Гідроген.

Дізнайтеся більше

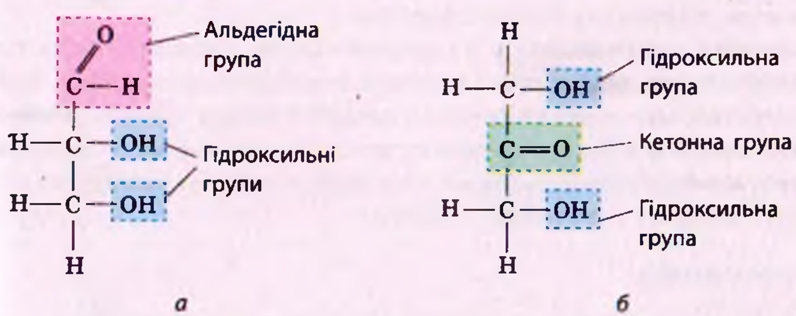
Назва вуглеводів походить від слів «вуглець» і «вода». Причиною цього є те, що перші з відомих науці вуглеводів описувалися формулою $C_x(H_2O)_y$. Вуглеводи називають також **цукрами**. Ця назва походить від давньоіндійського слова «саркара» (буквально: «гравій, галька, пісок, цукровий пісок»). Так в Індії називали солодкі кристали, які добували із соку тростини.

За хімічною характеристикою вуглеводи — це органічні речовини, що містять кетонну або альдегідну групу та декілька (тобто більше ніж одну) гідроксильних груп.

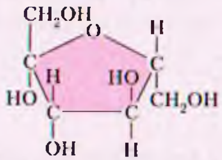
Вуглеводи, що містять альдегідну групу, називаються **альдозами**, а вуглеводи, що містять кетонну групу,— **кетозами** (мал. 8.2.).

На мал. 8.2 зображено вуглеводи, у ланцюгу яких є лише три атоми Карбону. Є у вуглеводів і довші ланцюги, наприклад фруктоза і глюкоза (мал. 8.3).

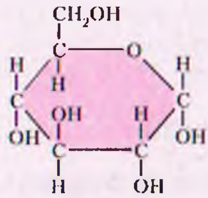
Залежно від кількості атомів Карбону, що входять до молекули вуглеводу, розрізняють **тріози**, що містять три атоми Карбону, **тетрози** — чотири атоми, **пентози** — п'ять, **гексози** — шість атомів і так далі, відповідно до назв числівників грецькою мовою. Глюкоза за кількістю атомів Карбону є гексозою, а рибоза — пентозою.



Мал. 8.2. Приклад альдози — гліцеральдегід (*а*); кетози — дигідроксиацетон (*б*)



а



б

Мал. 8.3. У молекулі фруктози (*а*) п'ять атомів Карбону, глюкози (*б*) — шість атомів Карбону

Моносахариди

Усі перелічені вище вуглеводи називають **моносахаридами**, оскільки вони складаються з однієї структурної одиниці (від грец. *monos* — один). Якщо в молекулі моносахариду атомів Карбону більше від трьох, така молекула може утворювати циклічну форму, оскільки її частини реагують одна з одною. У живих організмах моносахариди частіше зустрічаються саме в циклічній формі (мал. 8.3).

Моносахариди називають також простими цукрами, оскільки вони складаються з однієї молекули. **Прості цукри** являють собою тверді безбарвні кристалічні речовини, добре розчинні у воді. Майже всі вони мають приємний солодкий смак. Наприклад, солодкий смак фруктів, ягід, меду залежить від вмісту в них глюкози та фруктози. До моносахаридів належать також галактоза, рибоза, дезоксирибоза.

Моносахариди можуть виконувати енергетичну та структурну функції. **Глюкоза** — первинне джерело енергії для клітин. Вона входить до структури майже всіх клітин, тканин та органів.

Фруктоза у великій кількості у вільному вигляді міститься у плодах, тому її часто називають плодовим цукром. Особливо багато фруктози в меді, цукровому буряку, фруктах.

Галактоза відрізняється від глюкози тільки розташуванням гідроксильної групи та Гідрогену в четвертого карбонового атома. Вона може перетворюватися на глюкозу в печінці й інших органах. **Рибоза** та **дезоксирибоза** входять до складу нуклеїнових кислот — великих молекул, що беруть участь у процесах передавання, реалізації та зберігання спадкової інформації у клітині.

Дисахариди

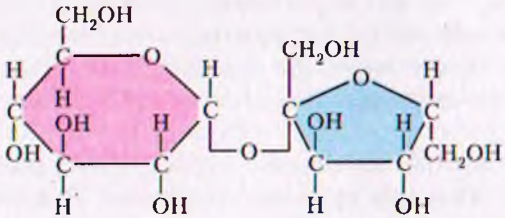
Молекули моносахаридів можуть з'єднуватися одна з одною з виділенням води. У результаті утворюються **олігосахариди** (від грец.

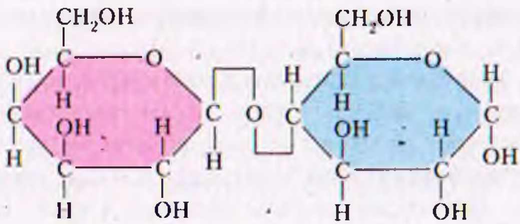
oligos — нечисленний), до яких належать дисахариди, трисахариди, тетрасахариди та **полісахариди** (від грец. *poly* — багато). До дисахаридів належать сахароза, лактоза та мальтоза (мал. 8.4).

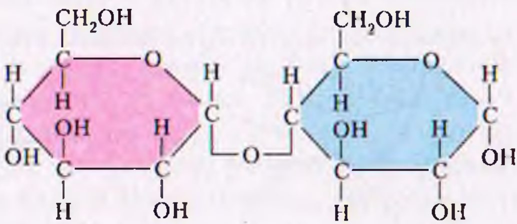
Сахароза — тростинний або буряковий цукор. Складається із залишків глюкози та фруктози. Міститься в насінні, ягодах, корінні, бульбах, плодах. Відіграє важливу роль у харчуванні багатьох тварин та людини. Легко розчиняється у воді. Головні джерела добування сахарози (харчового цукру) у харчовій промисловості — цукровий буряк і цукрова тростина.

Лактоза — молочний цукор, має у своєму складі глюкозу та галактозу. Він входить до складу молока і є джерелом енергії для дитинчат ссавців.

Мальтоза складається із двох молекул глюкози, є основним структурним елементом таких полісахаридів, як крохмаль та глікоген.







Мал. 8.4. Дисахариди: *а* — сахароза; *б* — лактоза; *в* — мальтоза



а *б*

Мал. 8.5. Полісахариди: *а* — картопляний крохмаль, *б* — хітин, основний компонент зовнішнього скелета членистоногих

Полісахариди

Органічні сполуки, що складаються з великої кількості структурних одиниць (мономерів), називають **полімерами.**

Полісахариди — це полімери, мономерами в яких є моносахариди. Із полісахаридів найпоширеніші крохмаль, глікоген, целюлоза, хітин (мал. 8.5). Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великої кількості моносахаридів. Вони мають дуже велику молекулярну масу.

Крохмаль є основним запасним полісахаридом у рослин. Кількість залишків глюкози в ньому налічує кілька тисяч. Він міститься у великій кількості в бульбах картоплі, плодах, насінні. У гарячій воді крохмаль утворює колоїдний розчин, що в побуті має назву крохмальний клейстер. Структурні компоненти крохмалю — амілоза й амілопектин (мал. 8.6, *а*, *б*).

Глікоген — запасний полісахарид, що міститься у тканинах тіла тварин та людини, а також у грибах, дріжджах тощо. Він відіграє важливу роль у перетвореннях вуглеводів в організмі тварин. У значній кількості накопичується в печінці, м'язах, серці та багатьох інших органах. Є постачальником глюкози в кров. За структурою нагадує крохмаль, але є сильніше розгалуженим. Молекула глікогену складається приблизно із 30 000 залишків глюкози (мал. 8.6, *в*).



а *б* *в*

Мал. 8.6. Полісахариди: *а* — амілоза, *б* — амілопектин, *в* — глікоген

Клітковина (целюлоза) — головний структурний полісахарид клітинних оболонок рослин. Целюлоза за своєю структурою — лінійний полімер. Вона нерозчинна у воді й лише набухає в ній.

Хітин — основний компонент зовнішнього скелета членистоногих та деяких інших безхребетних тварин, входить до складу клітинної стінки грибів (див. мал. 8.5, *б*).

Функції вуглеводів

Будова вуглеводів дозволяє їм виконувати багато біологічних функцій.

Енергетична функція. Вуглеводи слугують основним джерелом енергії для організму. Складні за структурою, багаті на енергію, вуглеводи зазнають у клітині глибокого розщеплення й у результаті перетворюються на прості, бідні на енергію сполуки — карбон оксид та воду. У ході цього процесу вивільняється енергія. У процесі розщеплення 1 г вуглеводів вивільняється 17,6 кДж енергії.

Структурна функція. В усіх без винятку тканинах та органах знайдено вуглеводи та їхні похідні. Вони входять до складу оболонок клітин і субклітинних утворень. Беруть участь у синтезі багатьох найважливіших речовин. У рослинах полісахариди виконують також опорну функцію.

Функція запасання поживних речовин. В організмі та клітині вуглеводи мають здатність накопичуватися у вигляді крохмалю у рослин та глікогену у тварин. Крохмаль і глікоген є запасними формами вуглеводів та витрачаються в міру виникнення потреби в енергії.

Захисна функція. В'язкі секрети (слизи), що виділяються різними залозами, багаті на вуглеводи та їхні похідні. Вони захищають стінки порожнистих органів (стравохід, кишки, шлунок, бронхи) від механічних пошкоджень, проникнення шкідливих бактерій і вірусів.

Опорні точки

Органічними називають сполуки, в основі яких лежить ланцюг із ковалентно зв'язаних атомів Карбону. Різноманітність органічних сполук забезпечується різними просторовими структурами ланцюга і функціональними групами, що входять до їхнього складу.

Вуглеводи — це органічні речовини, що містять нерозгалужений ланцюг із декількох атомів Карбону, карбонільну групу та декілька гідроксильних груп.

Вуглеводи виконують такі функції: енергетичну, структурну, захисну, запасаючу тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які органічні сполуки називають полімерами?
2. Які органічні сполуки називають вуглеводами?
3. Чому глюкозу можна назвати гексозою?
4. Чим альдози відрізняються від кетоз?
5. Які полімери можуть виконувати функцію запасання поживних речовин?
6. Чим пояснюється різноманітність органічних сполук?
7. У чому полягають особливості хімічної структури вуглеводів?
8. Які біологічні функції виконують моносахариди та полісахариди?
9. Як структура вуглеводів пов'язана з їхніми функціями?

§ 9. Структура і функції ліпідів

Ліпіди

Під терміном **ліпіди** (від грец. *lipos* — жир) хіміки об'єднують жири та жироподібні речовини. Головним критерієм, за яким ці речовини об'єднали в одну групу, є те, що вони не розчиняються у воді, але добре розчиняються у неполярних органічних розчинниках: естері, бензині, хлороформі тощо. Ця властивість споріднює всі ліпіди. А за своєю структурою вони істотно відрізняються один від одного.

У живих організмах містяться різні ліпіди, зокрема фосфоліпіди, жири та стероїди. Усі вони виконують важливі біологічні функції.

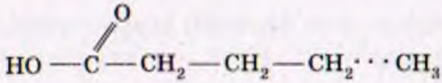
Із ліпідів найпоширенішими та найбільш відомими є **жири**. Вміст жиру в клітині зазвичай невеликий: 5—10 % (від сухої речовини). Однак існують клітини, у яких близько 90 % жиру. У тварин такі клітини містяться, наприклад, під шкірою. Жир міститься в молоці всіх ссавців. У деяких рослин велика кількість жиру зосереджена в насінні та плодах, наприклад у соняшнику, конопель, волоського горіха.

За хімічною структурою жири є складними естерами триатомного спирту гліцеролу та високомолекулярних жирних кислот.

*Жирні кислоти**

Жирні кислоти — це органічні сполуки, до складу яких входить карбоксильна група та довгий вуглеводневий хвіст.

Загальна формула жирної кислоти:





Мал. 9.1. Модель пальмітинової кислоти — насиченої жирної кислоти



Мал. 9.2. Модель олеїнової кислоти — ненасиченої жирної кислоти

Найпоширенішими є пальмітинова, стеаринова, олеїнова жирні кислоти.

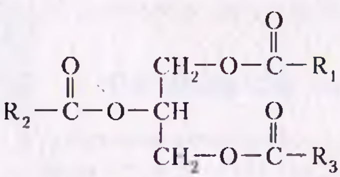
Усі жирні кислоти поділяються на дві групи: насичені, або граничні (не містять подвійних зв'язків), та ненасичені, або неграничні (містять подвійні зв'язки). До насичених кислот належать, наприклад, пальмітинова (мал. 9.1) та стеаринова кислоти, а до ненасичених — олеїнова (мал. 9.2).

Взаємодія гліцерину та жирних кислот призводить до утворення справжніх, або істинних, жирів — триацилгліцеролів (мал. 9.3).

Властивості жирів визначаються якісним складом жирних кислот та їх кількісним співвідношенням. Так, рослинні жири, або олії, багаті на ненасичені жирні кислоти, тому здебільше є легкоплавкими — рідкими за кімнатної температури (мал. 9.4). А тваринні жири за кімнатної температури залишаються твердими, оскільки містять переважно насичені жирні кислоти (мал. 9.5).

Жири

Триацилгліцероли— це природні органічні сполуки, які є похідними гліцеролу та жирних кислот. Триацилгліцероли є формою накопичення жирів в організмі та одним з основних джерел енергії; це найпоширеніші з природних ліпідів.



Мал. 9.3 Триацилгліцерол



Мал. 9.4. Рослинні жири багаті на ненасичені жирні кислоти



Мал. 9.5. Тваринні жири містять переважно насичені жирні кислоти

Калорійність жирів майже вдвічі вища за калорійність вуглеводів, тому вони відкладаються в організмі тварин як запасна поживна речовина. Жири також слугують для теплоізоляції та забезпечують плавучість. Олії найчастіше накопичуються в рослинах (насіння соняшнику, кокосової пальми тощо).

Дізнайтеся більше

Жир може бути постачальником так званої ендогенної води. Із 1 кг жиру під час його окиснення утворюється близько 1,1 л води. Завдяки цій воді існує чимало пустельних тварин, наприклад піщанки, тушканчики. Жир, що накопичується в горбах верблюда, також є джерелом води.

Фосфоліпіди

Особливо важливими жироподібними речовинами є **фосфоліпіди**. Вони, як і справжні жири, є естерами гліцеролу та жирних кислот, але від справжніх жирів вони відрізняються тим, що містять залишок ортофосфатної кислоти. Фосфоліпіди завдяки своїй будові здатні утворювати біліпідний шар, що є основою біологічних мембран.

*Характеристика фосфоліпідів**

Молекулярна маса фосфоліпідів невелика. У молекулі виділяється «головка» та два «хвости». «Головка» та «хвости» мають різні властивості. «Головка» гідрофільна, оскільки до її складу входить Оксиген і зв'язки є поляризованими. «Хвости» є залишками жирних кислот,

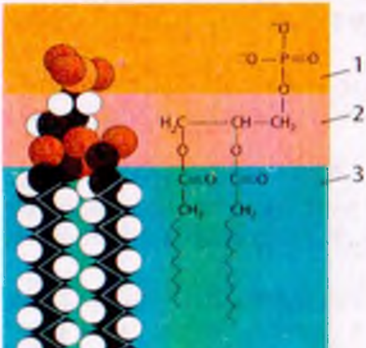
що містять багато CH_2-груп. «Хвости» гідрофобні, вони намагаються уникнути взаємодії з водою. Тобто фосфоліпіди мають гідрофільно-гідрофобні властивості (мал. 9.6), вони є амфіфільними сполуками.

Якщо молекули фосфоліпідів перебувають на поверхні води, то їхні «головки» спрямовані до води, а «хвости» виштовхуються з води назовні. При цьому молекули фосфоліпіду утворюють моношар — поверхневу плівку в одну молекулу завтовшки.

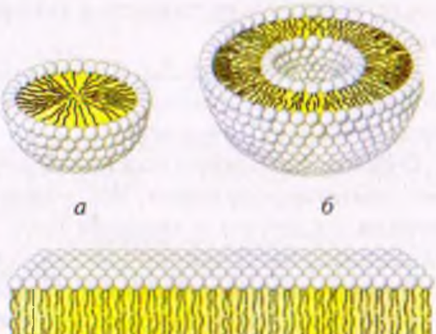
А якщо молекули фосфоліпідів перебувають повністю у воді, тоді «головки» будуть спрямовані до води (назовні), а «хвости» — від води (усередину). Таким чином утворюються **міцели** (мал. 9.7, *а*). Біліпідний шар може замикатися сам на себе, у результаті чого утворюється **ліпосома** (мал. 9.7, *б*), ззовні та всередині якої міститься вода. Молекули фосфоліпідів у стінці такої бульбашки утворюють бішар, тобто розташовуються у два ряди «головками» до води, а «хвости» розгорнуті один до одного. «Жирні» неполярні частини молекул при цьому взаємодіють одна з одною, а полярні частини — з водою. **Біліпідний шар** (мал. 9.7, *в*) є основою всіх клітинних мембран, однак, окрім ліпідів, ці мембрани містять ще й білки.

Важливу біологічну роль відіграють такі складні сполуки, як **гліколіпіди**, що складаються з вуглеводів та ліпідів. Їх особливо багато у тканинах мозку та нервових волокнах.

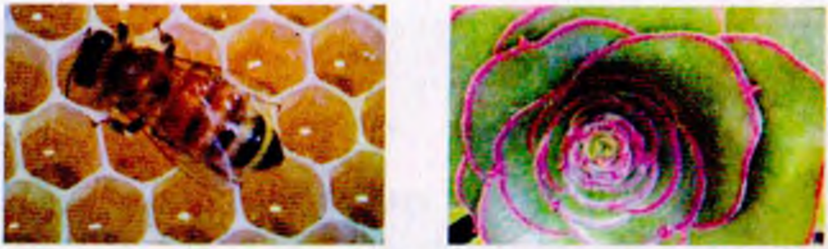
До ліпідів належать деякі вітаміни (A, D) та гормони (наприклад, статеві), а також такі сполуки, як лецитин та холестерин.



Мал. 9.6. Будова фосфоліпідів: залишки ортофосфатної кислоти (1), молекули гліцеролу (2) і молекули жирної кислоти (3)



Мал. 9.7. Міцели (*а*), ліпосоми (*б*), біліпідний шар (*в*)



а б

Рис. 9.8. З воску бджола будує стільники (*а*), восковий наліт на листках рослин захищає їх (*б*)

*Стероїди, воски**

З усіх **стероїдів** в організмі людини в найбільшій кількості міститься холестерол. Стероїдами також є статеві гормони (естроген, прогестерон, тестостерон), вітамін D.

Воски використовуються тваринами та рослинами як водовідштовхувальне покриття (бджолині стільники, покриття пір'я птахів, зовнішній покрив листя, плодів та насіння деяких рослин) (мал. 9.8).

Функції ліпідів

Ліпіди дуже широко представлені в живій природі та відіграють надзвичайно важливу роль у клітині й організмі.

Будівельна функція. Ліпіди беруть участь у побудові мембран клітин усіх органів та тканин, а також в утворенні багатьох біологічно важливих сполук.

Енергетична функція. Ліпіди забезпечують 25—30 % усієї енергії, необхідної для організму. У процесі повного розпаду 1 г жиру виділяється 38,9 кДж енергії.

Функція запасання поживних речовин. Жири є своєрідними «енергетичними консервами». Жировими депо можуть бути і крапля жиру всередині клітини, і «жирове тіло» у комах, і підшкірна клітковина в людини, у якій накопичується жир.

Теплоізоляційна функція. Жири погано проводять тепло. Вони відкладаються під шкірою, утворюючи в деяких тварин величезні скупчення. Наприклад, у кита шар підшкірного жиру сягає 1 м. Це дозволяє теплокровній тварині жити в холодних полярних водах.

Захисна функція. Шар жиру захищає ніжні органи від ударів та струсів (наприклад, навколониркова капсула, жирова подушка навколо ока). Жироподібні сполуки покривають тонким шаром листки рослин, не даючи їм намокати під час сильних дощів.

Гормональна функція. Багато ліпідів є попередниками гормонів у біосинтезі. Наприклад, до ліпідів належать статеві гормони людини та тварин: естрадіол (жіночий гормон) і тестостерон (чоловічий гормон).

У багатьох ссавців існує спеціальна жирова тканина, що відіграє переважно роль терморегулятора, своєрідного «обігрівача». Цю тканину називають «бурим жиром». У ній виробляється енергія, що має для ссавців важливе значення в умовах життя за низьких температур.

Дізнайтеся більше

Із ненасичених жирних кислот у клітинах людини та тварин синтезуються такі регуляторні речовини, як простагландини. Вони мають широкий спектр біологічної активності: регулюють скорочення мускулатури внутрішніх органів, підтримують тонус судин, регулюють функції різних відділів мозку, наприклад центру терморегуляції.

Підвищення температури тіла при деяких захворюваннях пов'язане з підсиленням синтезу простагландинів та збудженням центру терморегуляції. Широко застосовуваний у медицині аспірин гальмує синтез простагландинів і таким чином знижує температуру тіла.

Опорні точки

Ліпіди — це органічні сполуки з різною структурою, але спільними властивостями: вони є нерозчинними у воді, добре розчиняються у неполярних органічних розчинниках.

У живих організмах містяться різні ліпіди, зокрема фосфоліпіди, жири та стероїди тощо.

Особливо важливими жироподібними речовинами є фосфоліпіди. Вони завдяки своїй будові мають здатність утворювати біліпідний шар, що є основою біологічних мембран.

Ліпіди виконують будівельну, енергетичну, захисну, теплоізоляційну, гормональну функції, функцію запасання.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Назвіть основну властивість, яка споріднює всі ліпіди.
2. У чому полягає енергетична функція жирів?
3. Чим визначаються властивості жирів?
4. Які функції можуть виконувати ліпіди?
5. Що таке фосфоліпіди? Яку біологічну функцію вони виконують?

6. Завдяки яким властивостям жири виконують теплоізоляційну функцію?
7. Що ви знаєте про регуляторні функції ліпідів?
8. Як структура фосфоліпідів пов'язана з їхніми біологічними функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема. Визначення деяких органічних речовин та їхніх властивостей

Мета: навчитися визначати жири та полісахариди, вивчити їхні властивості.

Обладнання та матеріали: штатив із пробірками, градуйовані піпетки, крапельниця, скляні палички, водяна баня або посудина з гарячою водою, годинник; дистильована вода, концентрована хлоридна кислота, розчин Люголя, рослинна олія, етиловий спирт, бензен, хлороформ; водні 10%-ві розчини питної соди та натрій гідроксиду, а також 1%-ві розчини купрум сульфату та крохмалю.

Завдання 1

Виявлення крохмалю в реакції з йодом та глюкози, що утворюється під час розщеплення крохмалю, у реакції з купрум сульфатом.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива дві пробірки, пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 2 мл розчину крохмалю.
2. У першу пробірку додайте 1—2 краплі розчину Люголя, перемішайте скляною паличкою. Запишіть, яке забарвлення з'явилося.
   1) Нагрійте пробірку. Запишіть, чи змінилося забарвлення.
   2) Охолодіть пробірку. Запишіть, чи змінилося забарвлення.
   3) Зробіть висновок відповідно до мети завдання.
3. У другу пробірку налийте 2—3 краплі концентрованої хлоридної кислоти, прокип'ятіть її вміст на водяній бані протягом 15 хв, додайте 2 мл розчину натрій гідроксиду, 5 крапель розчину купрум сульфату, нагрійте до кипіння на водяній бані. Запишіть, як змінюється забарвлення.
4. Зробіть висновок відповідно до мети завдання.

Завдання 2

Вивчення розчинності жирів у різних розчинниках.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива чотири пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 0,2 мл рослинної олії.
2. Додайте до пробірок: № 1 — 5 мл дистильованої води, № 2 — 5 мл етанолу спирту, № 3 — 5 мл бензену, № 4 — 5 мл хлороформу.
3. Перемішайте вміст кожної пробірки. Запишіть результати спостереження.
4. У пробірку № 1 додайте ще 5 мл розчину питної соди. Перемішайте вміст пробірки. Запишіть результат спостереження.
5. Зробіть висновок відповідно до мети завдання.

§ 10. Структура і функції білків

Білки

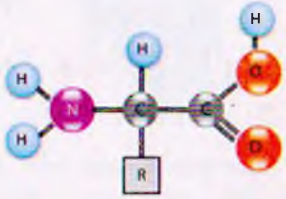
Багато органічних сполук, що входять до складу клітин, характеризуються великим розміром молекул і є біополімерами.

Біополімери — це органічні речовини, що складаються з повторюваних структурних одиниць — мономерів. До біополімерів належать молекули білків, що становлять 10—20 % від сирої маси та 50—80 % від сухої маси клітини.

Білки — це органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти. **Амінокислоти** — це невеликі за розміром органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться аміногрупа й карбоксильна група. Ці амінокислоти мають загальну формулу (мал. 10.1), де R — це радикал, який у кожної амінокислоти свій, а решта в молекулі амінокислот однакова.

Дізнайтеся більше

Білки називають також протеїнами (від грец. *protos* — перший, головний). Цією назвою вчені вказали на надзвичайно важливе значення білків для всіх життєвих процесів.



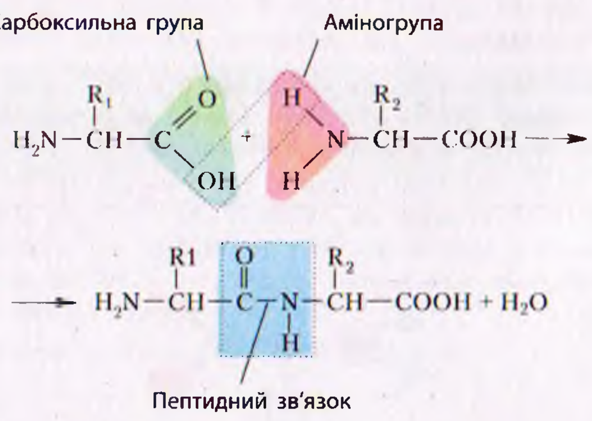
Мал. 10.1. Загальна формула амінокислоти

У процесі біосинтезу білка до його складу включаються 20 амінокислот: аланін (Ала), аргінін (Арг), аспарагінова кислота (Асп), аспарагін (Асн), валін (Вал), гістидин (Гіс), гліцин (Глі), глутамінова кислота (Глу), глутамін (Глн), ізолейцин (Іле), лейцин (Лей), лізин (Ліз), метіонін (Мет), пролін (Про), серин (Сер), тирозин (Тир), треонін (Тре), триптофан (Три), фенілаланін (Фен), цистеїн (Цис).

Є амінокислоти, яких організми людини і тварин синтезувати не можуть, вони називаються незамінними й обов'язково мають надходити до організму з їжею. Незамінними амінокислотами для людини та тварин є: валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін, а для дітей ще й амінокислоти аргінін та гістидин.

Амінокислоти можуть з'єднуватися одна з одною через спільні для них групи: аміногрупа однієї амінокислоти з'єднується з карбоксильною групою іншої амінокислоти (мал. 10.2). У процесі з'єднання утворюється молекула води. Між амінокислотами, що з'єдналися, виникає зв'язок $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\underset{\underset{\displaystyle H}{|}}{N}-$, який називають **пептидним**, а сполуки, що містять декілька амінокислот, називають **пептидами**. Сполуку з великої кількості амінокислот називають **поліпептидом**. Білок може являти собою один або декілька поліпептидів. До складу більшості білків входить 300—500 амінокислотних залишків, але є й більші білки, що складаються з понад 1500 амінокислот.

Білки відрізняються кількістю амінокислот і порядком чергування їх у поліпептидному ланцюгу.



Мал. 10.2. Реакція утворення дипептиду

Рівні організації білкової молекули

Білкова молекула має складну структуру.

Первинна структура білка представлена поліпептидним ланцюгом. У первинній структурі всі зв'язки між амінокислотами ковалентні, а отже, міцні. Первинною структурою білка називають кількість і послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу (мал. 10.3, *а*).

Вторинна структура білка — це спосіб упакування первинної структури в альфа-спіраль або бета-шар (мал. 10.3, *б*, *в*). Альфа-спіраль виникає в результаті утворення водневих зв'язків між групами —СО- та —NH, розташованими на різних витках спіралі (мал. 10.3, *б*). Бета-шар утворюється в результаті формування водневих зв'язків між СО-групами одного поліпептидного ланцюга та NH-групами іншого поліпептидного ланцюга (мал. 10.3, *в*). Унаслідок цього велика кількість поліпептидних ланцюгів може розташовуватися поряд, формуючи бета-шар.

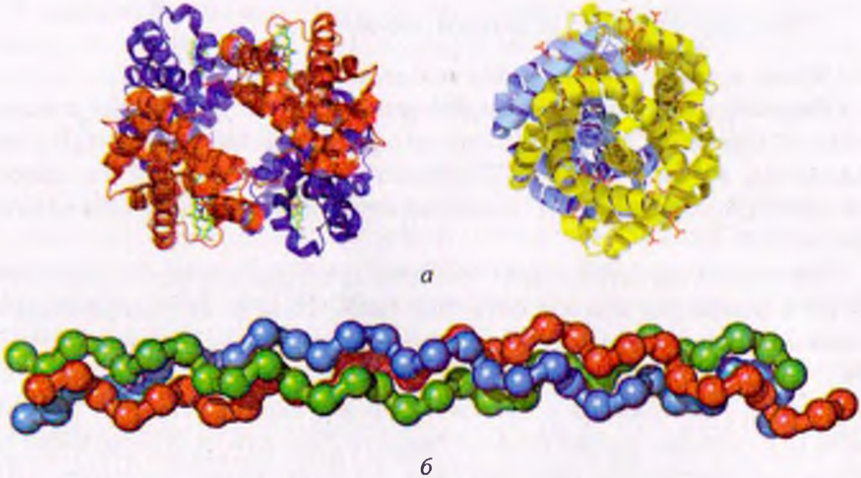
Наступний рівень упакування білкової молекули — третинний, характерний для білків, у яких вторинна структура представлена альфа-спіраллю (мал. 10.3, *г*). У білків, що мають бета-шар, третинна структура не виражена.

Третинна структура білка — це спосіб упакування альфа-спіралі у просторову глобулу. Третинна структура білка утворюється завдяки додатковим водневим зв'язкам, гідрофільно-гідрофобним взаємодіям та ковалентним дисульфідним зв'язкам —S—S—, які виникають між двома молекулами цистеїну.



а *б* *в* *г* *д*

Мал. 10.3. Рівні організації білкової молекули: первинна структура білка (*а*); вторинна структура: *б* — альфа-спіраль, *в* — бета-шар; третинна структура (*г*); четвертинна структура (*д*)



Мал. 10.4. Глобулярні (*а*) і фібрилярні (*б*) білки

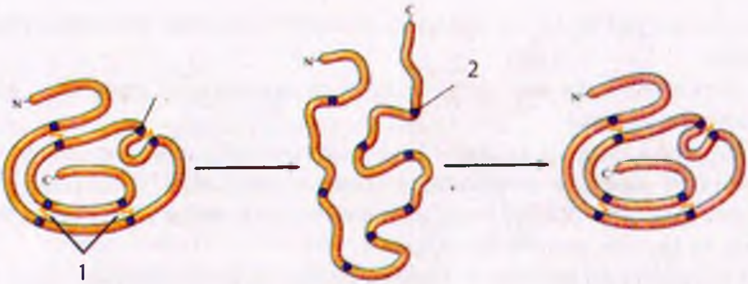
Спосіб спільного упакування декількох поліпептидних ланцюгів називають **четвертинною структурою білка**. Наприклад, молекула гемоглобіну — білка, що міститься в еритроцитах,— складається з чотирьох поліпептидних ланцюгів, кожен з яких з'єднується із ферумовмісним гемом (гем — небілкова частина гемоглобіну). У результаті їх об'єднання й утворюється молекула гемоглобіну, що здатна здійснювати транспортування газів.

Якщо поліпептидні ланцюги лежать у вигляді клубка, то такі білки називають **глобулярними**. Якщо поліпептидні ланцюги лежать у пучках ниток, вони мають назву **фібрилярних** білків (мал. 10.4).

Денатурація та ренатурація білка

Починаючи зі вторинної структури, просторова конформація макромолекул білка підтримується переважно слабкими хімічними зв'язками. Під впливом зовнішніх чинників, наприклад зміни температури, складу солей у середовищі, pH, радіації, зв'язки, що утримують макромолекулу, рвуться і структура білка та його властивості змінюються. Цей процес називається **денатурацією**.

Денатурація — це порушення природної структури білка. Якщо порушуються всі структури білка, включаючи первинну, така денатурація називається необоротною. Але бувають і процеси оборотної денатурації. За умови збереження первинної структури білка після усунення чинника, що призвів до денатурації, багато білків здатні повернути свою природну форму. Такий процес називається **ренатурацією** (мал. 10.5).



Мал. 10.5. Схема ренатурації білка: 1 — S—S-зв'язки; 2 — цистеїн

Біологічні функції білків

Структура білків дозволяє їм виконувати різні біологічні функції.

1. Ферментативна функція. Хімічні реакції у клітині відбуваються за участю особливих біологічних каталізаторів — ферментів. **Ферменти** — це глобулярні білки, здатні прискорювати хімічні реакції у клітині в десятки та сотні разів.

2. Структурна функція. Білки входять до складу всіх мембран, що оточують і пронизують клітину, й усіх органел.

3. Транспортна функція. У крові, зовнішніх клітинних мембранах, у цитоплазмі та ядрі клітин є різні транспортні білки. У крові є білки-транспортери, які розпізнають і зв'язують певні гормони й несуть їх до певних клітин. Такі клітини мають рецептори, що впізнають ці гормони. У зовнішніх клітинних мембранах теж є білки-транспортери, які забезпечують активне і чітко вибіркове транспортування всередину й назовні клітини різних речовин та йонів. Саме з білками пов'язане перенесення кисню та вуглекислого газу в тілі тварин і людини: його здійснює білок крові — гемоглобін.

4. Рухова, скоротлива функція. Усі види рухових реакцій клітини виконуються особливими скорочувальними білками, котрі зумовлюють скорочення м'язів, рух джгутиків та війок у найпростіших, переміщення хромосом під час поділу клітини, рух рослин.

5. Захисна функція. Багато білків утворюють захисний покрив, що захищає організм від шкідливих впливів, наприклад рогові утворення — волосся, нігті, копита, роги. Це механічний захист. У відповідь на проникнення до організму чужорідних агентів (антигенів) у клітинах крові виробляються речовини білкової природи (антитіла), котрі знешкоджують їх, захищаючи організм. Захисним білком є, наприклад, інтерферон.

6. Енергетична функція. Білки можуть бути джерелом енергії. Під час розпаду 1 г білка до кінцевих продуктів виділяється близько 17 кДж енергії. Однак білки використовуються як джерело

енергії зазвичай коли вичерпуються інші джерела, такі як вуглеводи та жири.

7. Білки можуть також виконувати **запасаючу функцію**, наприклад казеїн молока.

8. Гормональна функція. Білки можуть бути регуляторами фізіологічних процесів — гормонами. Багато гормонів є білками, наприклад гормон росту, адренокортикотроиний гормон, тиреотропний гормон та інші гормони гіпофіза.

9. Регуляторна функція. Багато процесів регулюються білковими молекулами, які не служать ні джерелом енергії, ні будівельним матеріалом для клітини. Ці білки регулюють транскрипцію, трансляцію, активність інших білків. Регуляторну функцію білки здійснюють або за рахунок ферментативної активності, або за рахунок специфічного зв'язування з іншими молекулами.

10. Сигнальна функція — це здатність білків служити сигнальними речовинами, передаючи сигнали між тканинами, клітинами або організмами. Сигнальну функцію часто об'єднують з регуляторною, оскільки регуляторні білки теж можуть здійснювати передачу сигналів.

Дізнайтеся більше

Відома велика група білкових факторів росту, що активують ферменти синтезу ДНК у клітинах і таким чином посилюють поділ клітин. Це важливо для відновлення тканин у випадку поранень, а також після операцій. Але надлишковий синтез факторів росту може спричиняти надто інтенсивний поділ клітин — їх злоякісний ріст, виникнення злоякісних пухлин. Блокувати надлишковий синтез деяких факторів росту або пригнітити їх дію означає пригнітити зростання злоякісної пухлини. На цьому шляху вчені шукають нові засоби для лікування раку.

Опорні точки

Білки — це органічні сполуки, полімери, мономерами в яких є амінокислоти. Амінокислоти — це невеликі за розмірами органічні сполуки, у молекулі яких одночасно містяться карбоксильна й аміногрупа. У процесі біосинтезу білка до його складу включаються 20 амінокислот. Білки відрізняються кількістю амінокислот і порядком чергування їх у поліпептидному ланцюгу та мають первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури.

Структура білків дозволяє їм виконувати різні біологічні функції: ферментативну, рухову, структурну, гормональну, регуляторну, енергетичну, захисну, транспортну, сигнальну.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке білки?
2. Які біологічні функції виконують білки?
3. Що таке первинна структура білка?
4. Які зв'язки утворюють первинну структуру білка?
5. Яка біологічна функція є характерною тільки для білків?
6. У яких випадках денатурація може бути оборотною?
7. Як формується вторинна структура білка?
8. Яка структура білка забезпечує виконання ним його біологічних функцій?
9. Чому саме білки можуть виконувати такі різні біологічні функції?

§ 11. Структура і функції ферментів. Вітаміни, гормони, фактори росту, їх роль у життєдіяльності організмів

Ферменти

Ферменти — це білкові молекули, що є біологічними каталізаторами. Вони присутні в усіх живих клітинах та сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти). Ферменти виступають у ролі каталізаторів практично в усіх біохімічних реакціях, що відбуваються в живих організмах.

Дізнайтеся більше

Ферменти називають також ензимами (слово «ферменти» — латинського походження, «ензими» — грецького). Терміни «ферменти» й «ензими» вчені вживають як синоніми, наука про ферменти називається **ензимологією**.

Кожний фермент забезпечує одну або кілька реакцій одного типу. Наприклад, жири у травному тракті, а також у клітині розщеплюються спеціальним ферментом — ліпазою, яка не діє на полісахариди та білки, фермент амілаза, що розщеплює крохмаль або глікоген, не діє на жири.

Кожна молекула ферменту може здійснювати від кількох тисяч до кількох мільйонів операцій за хвилину. Під час цих операцій фермент не витрачається та не змінюється.

За хімічним складом розрізняють **прості ферменти**, які складаються тільки з амінокислот, і **складні ферменти**, що мають небілкову частину (наприклад, вітаміни, йони Цинку, Магнію, Феруму).

Основною функцією ферменту є прискорення швидкості перебігу реакцій у сотні разів. Без ферментів процеси життєдіяльності неможливі.

У процесі реакції, що каталізується, у контакт із субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, що називається активним центром (мал. 11.1).

Властивості ферментів

Основною властивістю ферментів є їх здатність утворювати за допомогою активного центру фермент-субстратний комплекс і прискорювати перебіг реакції.

Але існують й інші важливі властивості ферментів:

— прискорюючи швидкість реакції, вони самі в цій реакції не витрачаються;
— ферменти є високоспецифічними: один фермент може каталізувати лише одну реакцію або декілька реакцій одного типу;
— присутність ферментів не впливає ні на властивості, ні на природу субстрату і кінцевого продукту (або продуктів) реакції;
— дуже мала кількість ферменту спричиняє перетворення великих кількостей субстрату;
— активність ферментів залежить від pH середовища, температури, тиску, концентрацій субстрату тощо.

Механізм дії ферментів

Існує дві гіпотези, що пояснюють, як діють ферменти. Одна з них називається гіпотезою «ключа та замка», а друга — гіпотезою «руки та рукавички».

Відповідно до першої, субстрат є «ключем», який точно підходить до «замка» — ферменту (мал. 11.1). Найважливішою частиною «замка» є активний центр. Саме з ним і з'єднується субстрат, оскільки форма субстрату відповідає формі активного центру. Утворюється фермент-субстратний комплекс. Це активований стан, який веде до



Мал. 11.1. Механізм дії ферментів «замок»

утворення продуктів реакції. Продукти, що утворилися, за формою уже не відповідають активному центру. Вони відокремлюються від нього, після чого активний центр, що звільнився, може приймати нові молекули субстрату.

Відповідно до другої гіпотези, активний центр не чітко підходить до субстрату. Субстрат спричиняє певні зміни в активному центрі, і «рукавичка» дещо змінюється, будучи одягнутою на «руку».

Використання ферментів у промисловості

Людина активно застосовує ферменти у промисловості. Перший патент на використання ферментних препаратів з промисловою метою було отримано у 1981 році. Ферменти використовуються в харчовій та кондитерській промисловості, а також у текстильній промисловості для відбілювання й обробки пряжі та бавовняних ниток.

Ферменти можна використовувати, не вилучаючи їх із живих організмів, безпосередньо в бактеріальних клітинах. Цей спосіб є основою будь-якого мікробіологічного виробництва.

Біохіміки думали про те, як застосовувати чисті препарати ферментів, щоб уникнути побічних реакцій, супутніх життєдіяльності мікроорганізмів. Створення виробництв, у яких використовуються ферменти в чистому вигляді як реактиви, дуже вигідні. Але є принципове ускладнення: багато ферментів після їх вилучення з клітини дуже швидко деактивуються, руйнуються.

Учені знайшли розв'язання проблеми. Для того щоб зробити ферменти стійкими, придатними для багаторазового тривалого промислового використання, їх за допомогою міцних хімічних зв'язків приєднують до нерозчинних або розчинних носіїв. У результаті ферменти стають стійкими.

Створення таких ферментів — заслуга інженерної ензимології, одного з нових напрямків біотехнології. Сьогодні за допомогою методів інженерної ензимології у промисловості отримують, наприклад, глюкозо-фруктозні сиропи, напівсинтетичні пеніциліни, дієтичне безлактозне молоко тощо.

Вітаміни, гормони, фактори росту, їх роль у життєдіяльності організмів

Вітаміни (від латин. *vita* — життя) — це низькомолекулярні органічні сполуки різної хімічної природи, що виконують важливі біохімічні та фізіологічні функції. Вітаміни входять до складу ферментів.

Вони потрібні організмові в дуже невеликих кількостях. Людина та тварини не синтезують вітаміни або синтезують їх у недостатній кількості й тому повинні отримувати їх із їжею. Основне джерело

вітамінів — рослини, у яких можуть міститися і так звані провітаміни, що перетворюються на вітаміни в організмі.

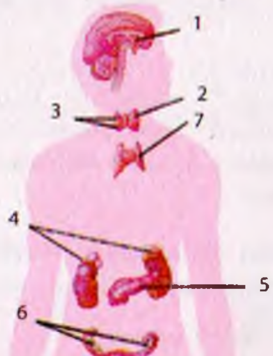
Розрізняють водо- та жиророзчинні вітаміни. До водорозчинних вітамінів належать вітамін С (аскорбінова кислота), вітаміни групи В — B_1 (тіамін), B_2 (рибофлавін), B_6 (піридоксин), B_{12} (кобаламін), вітамін РР (ніацин) та інші. До жиророзчинних — вітамін А (ретінол), D (кальциферол), Е (токоферол) та вітамін К (нафтохінон).

У складі ферментів вітаміни беруть участь в енергетичному обміні (вітаміни B_1 і B_2), біосинтезі та перетвореннях амінокислот (вітаміни B_6 і B_{12}), жирних кислот (пантотенова кислота) та інших процесах.

Функції жиророзчинних вітамінів пов'язані із процесами світлосприйняття (вітамін А), зсідання крові (вітамін К), засвоєння Кальцію (вітамін D) тощо.

Гормони — це біологічно активні сполуки, що виділяються залозами внутрішньої секреції безпосередньо у кров і лімфу (мал. 11.2).

За своєю хімічною будовою гормони можуть бути похідними холестерину, наприклад гормони кори надниркових залоз — кортикостероїди (гідрокортизон, кортикостерон, альдостерон) — і гормони статевих залоз (тестостерон, естрадіол, прогестерон). А можуть бути білковими, наприклад гормони, що виділяються гіпофізом (окситоцин, вазопресин, адренокортикотропний гормон та інші). Існують гормони — похідні амінокислоти тирозину, до них належать тироксин, трийодтиронін, які виділяються щитоподібною залозою, та адреналін, норадреналін, що виділяються мозковою речовиною надниркових залоз.



Мал. 11.2. Залози внутрішньої та змішаної секреції:
1 — гіпофіз; 2 — щитоподібна залоза; 3 — паращитоподібні залози; 4 — надниркові залози; 5 — підшлункова залоза; 6 — сім'яники (яєчники в жінок); 7 — вилочкова залоза (тимус)

Дія гормонів різноманітна й виявляється в дуже малих концентраціях. Вони справляють регулювальний вплив на всі реакції обміну речовин, відіграють важливу роль у підтримуванні гомеостазу, процесах адаптації організму до змінних умов середовища.

Гормони регулюють ріст, розмноження та диференціювання тканин, синтез білків, проникність кліткових мембран.

Пригадайте

Гомеостаз — це система скоординованих реакцій, спрямованих на забезпечення підтримання або відновлення сталості внутрішнього середовища організму.

Фактори росту

Для підтримування життя нормальних клітин вищих організмів абсолютно необхідною є їх взаємодія з унікальною комбінацією специфічних факторів росту.

Факторами росту називають групу білкових молекул, що впливають на синтез ДНК у клітині, диференціювання клітин та їх поділ. Ефекти факторів росту, на відміну від гормонів, можуть тривати протягом кількох днів.

Вони зазвичай стимулюють поділ певних типів клітин. Як правило, вони виділяються одними клітинами і діють на інші клітини, хоча інколи буває так, що вони діють на ті самі клітини, які їх виділяють. Фактори росту діють на свої клітини-мішені, що відрізняються від інших клітин характерними рецепторами.

Опорні точки

Ферменти — це білкові молекули, що є біологічними каталізаторами. Основною функцією ферментів є прискорення швидкості перебігу біологічних реакцій. Кожний фермент забезпечує одну або декілька реакцій одного типу. У процесі реакції, що каталізується, у контакт із субстратом вступає не вся молекула ферменту, а певна її ділянка, яка називається активним центром. Завдяки активному центру фермент може формувати із субстратом фермент-субстратний комплекс, що знижує енергію активації реакції. Саме це і сприяє тому, що реакція відбувається набагато швидше.

Важливу роль у життєдіяльності організмів відіграють також вітаміни, гормони, фактори росту.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке ферменти, гормони, фактори росту?
2. Чи змінюється фермент у процесі реакції?
3. Від яких чинників залежить активність ферментів?
4. Які проблеми вирішує інженерна ензимологія?
5. Одні ферменти є найбільш активними в кислому середовищі, а інші — у лужному. Чим це можна пояснити?
6. Яку роль відіграє фермент-субстратний комплекс?
7. Як біологічна роль ферментів пов'язана з їхньою будовою?
8. Як ви вважаєте, чому всі ферменти — глобулярні білки? Чи можуть, наприклад, вуглеводи виконувати каталітичні функції?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема. Вивчення властивостей ферментів

Мета: вивчити властивості ферментів та умови їхньої активності.
Обладнання та матеріали: штатив із пробірками, градуйовані піпетки, крапельниця, колба, скляні палички, термостат, водяна баня, розчин Люголя, дистильована вода, склянка з льодом, водний 0,2%-й розчин крохмалю.

Завдання 1

Вивчення дії ферменту слини (амілази) на крохмаль.

Хід роботи

1. Сполосніть ротову порожнину 2—3 рази водою. Потім протягом 3—5 хв прополощіть ротову порожнину 50 мл дистильованої води та зберіть розчин слини в колбу.
2. Візьміть зі штатива дві пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну пробірку по 2 мл розчину крохмалю.
3. У пробірку № 1 додайте 0,5 мл розчину слини, в якому є фермент амілаза, а в пробірку № 2 додайте 0,5 мл дистильованої води. Перемішайте вміст пробірок.
4. Пробірки № 1 і 2 помістіть на 15 хв у термостат за температури 38 °С. Після цього слід витягти пробірки з термостата та додати до їхнього вмісту 1—3 краплі розчину Люголя.
5. Запишіть результати спостережень. Зробіть висновок.

Завдання 2

Дослідження впливу температури на активність ферменту амілази в реакції з крохмалем.

Хід роботи

1. Візьміть зі штатива чотири пробірки та пронумеруйте їх. Улийте в кожну по 2 мл розчину крохмалю та по 0,5 мл розчину слини.
2. Пробірку № 1 залиште за кімнатної температури, пробірку № 2 помістіть у термостат за температури 38 °С, пробірку № 3 поставте кип'ятити на водяній бані, пробірку № 4 поставте у склянку з льодом.
3. Через 10—15 хв витягніть пробірку з термостата, водяної бані та склянки з льодом і в усі чотири пробірки додайте по 2—3 краплі розчину Люголя.
4. Запишіть результати спостережень.
5. Зробіть висновок.

Теми для проектної і групової роботи

1. Використання ферментів у промисловості.
2. Використання вуглеводів у промисловості.
3. Правила безпечного використання засобів побутової хімії.
4. Правила безпечного використання біодобавок.
5. Правила безпечного використання медичних препаратів.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз і узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

§ 12. Структура нуклеїнових кислот

Відкриття нуклеїнових кислот

Нуклеїнові кислоти — це високомолекулярні органічні сполуки, що забезпечують зберігання, реалізацію, зміну та передавання спадкової інформації в живих організмах. Уперше їх описав у 1869 році швейцарський біохімік Фрідріх Мішер (мал. 12.1), який виділив із ядра клітин речовину, названу ним нуклеїном (від латин. *nucleus* — ядро), оскільки вважав, що нуклеїн міститься лише в ядрах клітин.

Особливості будови та біологічні функції нуклеїнових кислот тривалий час лишалися невідомими. Але саме з'ясування структури нуклеїнових кислот відкрило нову епоху в біології, дозволило зрозуміти молекулярні основи спадковості та мінливості.

Будова нуклеотиду

Нуклеїнові кислоти — це полімери, мономерами в яких є **нуклеотиди**. До складу нуклеотиду входять:

1. **Моносахарид (пентоза)** — це може бути рибоза (мал. 12.2) або дезоксирибоза (мал. 12.3).
2. **Нітратні основи** — це може бути урацил, тимін, аденін, гуанін, цитозин (мал. 12.4).
3. **Залишок ортофосфатної кислоти**.

Усі три компоненти нуклеотиду об'єднуються разом так: при об'єднанні пентози з нітратною основою утворюється нуклеозид, а потім до нього приєднується залишок ортофосфатної кислоти й утворюється **нуклеотид** (мал. 12.5).

Якщо до складу нуклеотиду в нуклеїновій кислоті входить рибоза, то така кислота має назву **рибонуклеїнова кислота (РНК)**, а якщо дезоксирибоза — **дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)**.

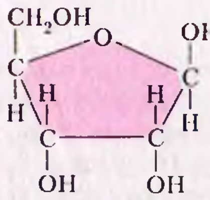


а

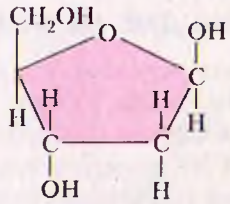


б

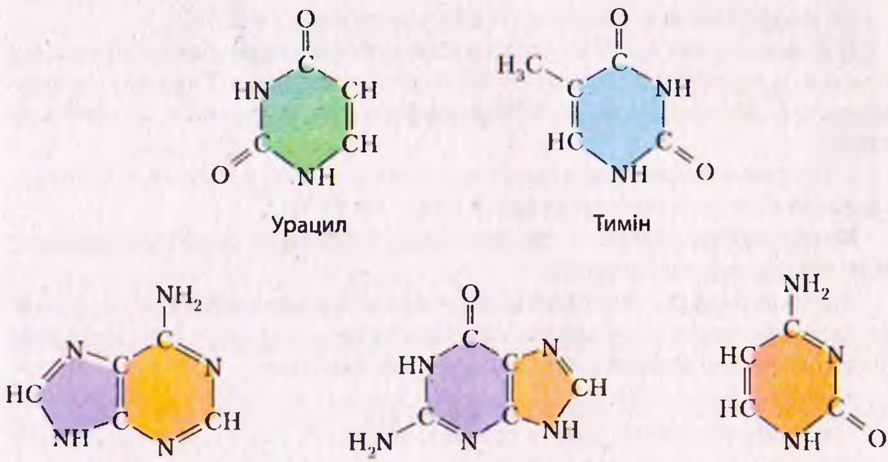
Мал. 12.1. Мішер Йоганн Фрідріх (*а*) — швейцарський лікар, першовідкривач нуклеїнових кислот; модель ДНК (*б*)



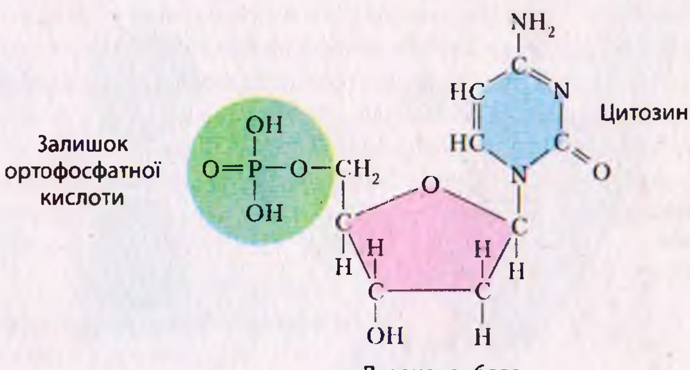
Мал. 12.2. Рибоза



Мал. 12.3. Дезоксирибоза



Мал. 12.4. Нітратні основи



Мал. 12.5. Три компоненти нуклеотиду утворюють єдиний мономер

Будова ДНК та РНК

До складу нуклеотидів ДНК можуть входити чотири нітратні основи: **аденін, тимін, гуанін, цитозин**. У нуклеотидах РНК також можуть бути чотири нітратні основи — **аденін, гуанін, цитозин, урацил**. Тимін у РНК не міститься, натомість присутній урацил. Тимін відрізняється від урацилу наявністю метильної групи $-CH_3$, відсутньої в урацилі (див. мал. 12.4).

Нуклеотиди об'єднуються один з одним за допомогою фосфодіестерних зв'язків (мал. 12.6).

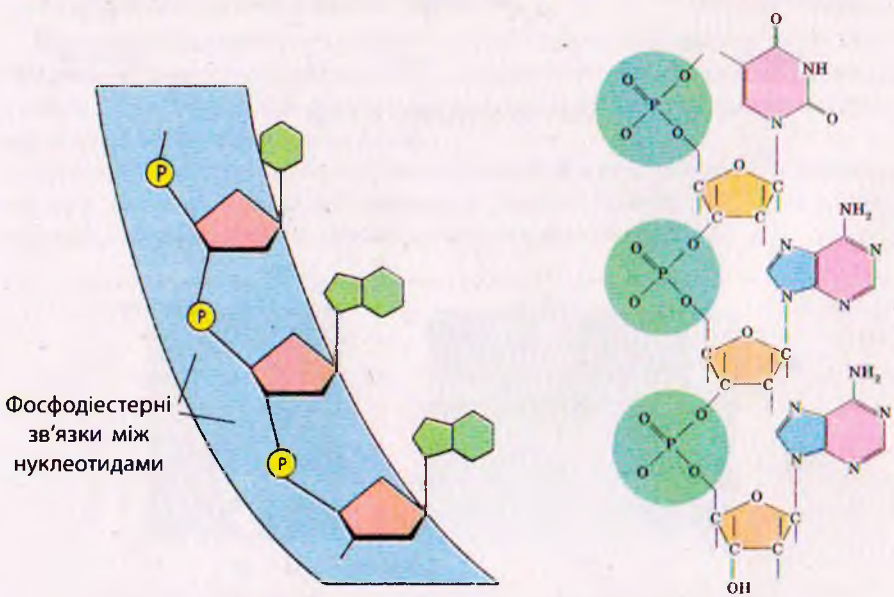
Існують чіткі закономірності в будові молекули ДНК.

1. В молекулах ДНК кількість аденіну завжди дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну — кількості цитозину. Така закономірність називається **правилом Чаргаффа** на честь ученого, який її відкрив.

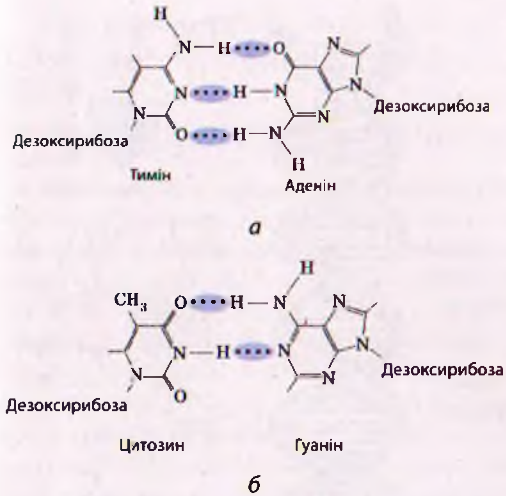
2. Нітратні основи формують пари аденін — тимін, гуанін — цитозин і є комплементарними одна одній (мал. 12.7).

Комплементарність — це здатність нітратних основ утворювати між собою водневі зв'язки.

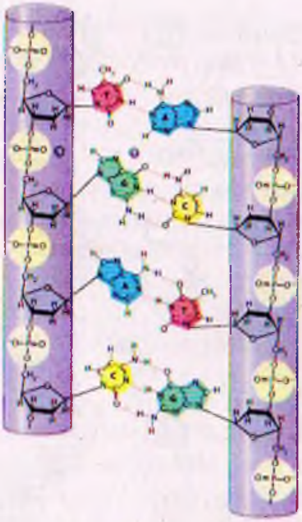
Якщо відома послідовність основ в одному ланцюзі ДНК, то завдяки специфічності парування, комплементарності двох ланцюгів стає відомою і послідовність основ у другому ланцюзі.



Мал. 12.6. Схема будови нуклеїнових кислот



Мал. 12.7. Між аденіном і тиміном утворюються три водневі зв'язки (*а*), а між гуаніном і цитозином — два (*б*)



Мал. 12.8. Схема дволанцюгової молекули ДНК

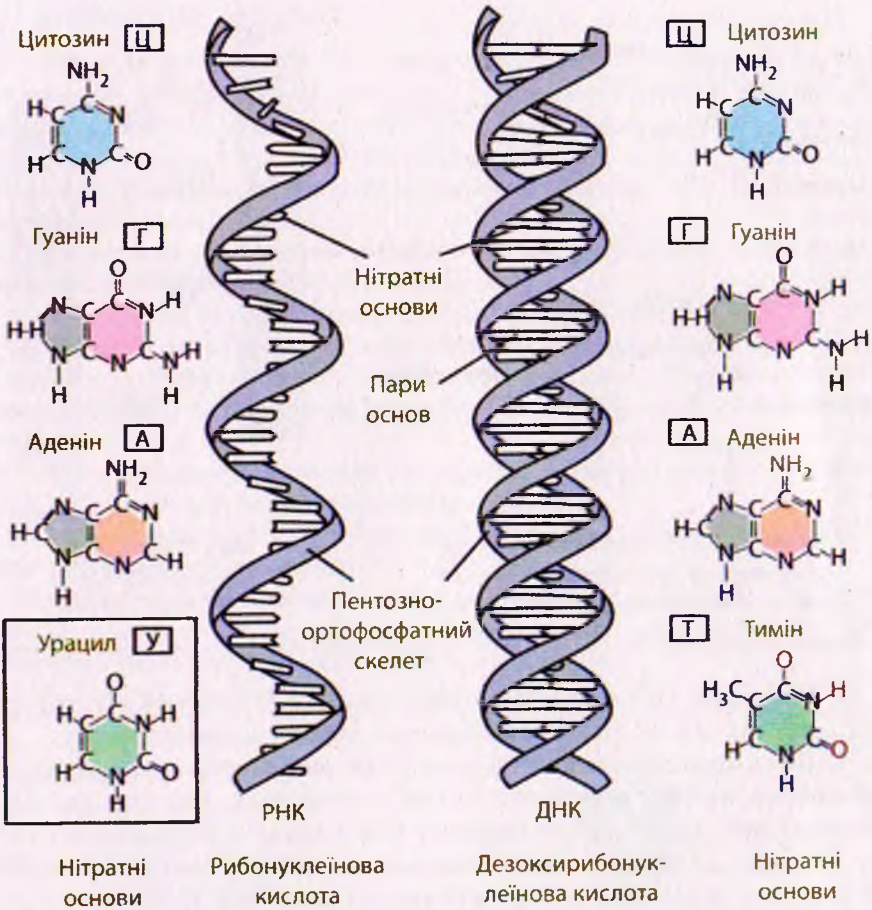
3. Молекула ДНК є дволанцюговою (мал. 12.8) й утворює подвійну спіраль (мал. 12.9), по 10 пар нітратних основ у кожному витку.

4. Пентозоортофосфатний скелет ДНК розташований на периферії молекули ДНК, а нітратні основи — усередині. Аденін в одному ланцюзі завжди зв'язаний водневими зв'язками з тиміном у другому ланцюзі, а гуанін в одному ланцюзі завжди зв'язаний водневими зв'язками з цитозином у другому ланцюзі (див. мал. 12.8). Хоча водневі зв'язки між парами основ є відносно слабкими, кожна молекула ДНК містить їх так багато, що у фізіологічних умовах комплементарні ланцюги ніколи самостійно не розділяються.

Молекула РНК, на відміну від ДНК, є одноланцюговою. Відмінності в будові ДНК та РНК пов'язані з їхніми різними біологічними функціями. Структура молекули ДНК дозволяє їй самовідтворюватися, молекула ДНК під час відтворення слугує сама для себе матрицею (мал. 12.9).

Структурні рівні організації нуклеїнових кислот

У молекулі ДНК, що складається із двох полінуклеотидних ланцюгів, виділяють первинну, вторинну та третинну структури.



Мал. 12.9. Порівняльні характеристики РНК та ДНК

Первинна структура становить лінійну послідовність нуклеотидів в одному ланцюзі. У такій формі ДНК у природі не існує, але саме первинна структура (послідовність нуклеотидів) визначає усі її властивості.

Вторинна структура — це два полінуклеотидні ланцюги, кожний з яких закручений у спіраль вправо та обидва закручені вправо навкруги однієї осі.

Третинна структура ДНК формується тільки у зв'язку з білками та слугує для більш компактного упакування ДНК в ядрі.

Молекули РНК також мають первинну, вторинну та третинну структури.

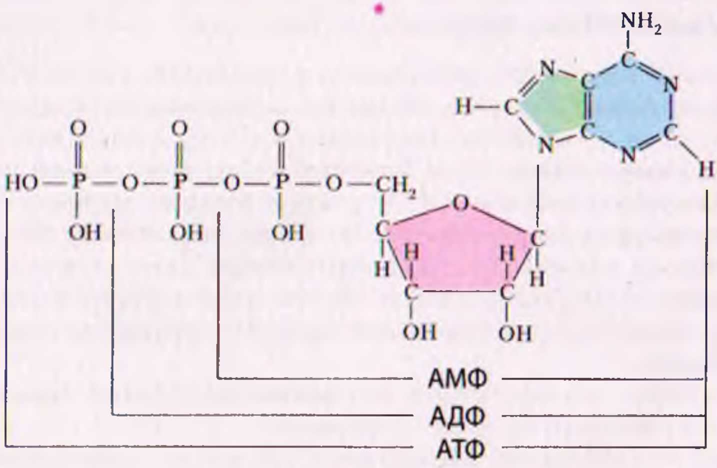
Просторова структура нуклеїнових кислот відіграє важливу роль у їх функціонуванні: якщо вона порушується, то порушуються і їх функції.

Аденозинтрифосфатна кислота

Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) — це нуклеотид, що відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини. Він переносить енергію. Аденозинтрифосфатна кислота складається із залишку нітратної основи (це аденін), пентози (це рибоза) та трьох залишків фосфатної кислоти (мал. 12.10).

Зі складу АТФ під впливом ферменту АТФ-ази відщеплюються залишки фосфатної кислоти. При відщепленні однієї молекули фосфатної кислоти АТФ переходить в АДФ (аденозиндифосфатна кислота), а якщо відщеплюються дві молекули фосфатної кислоти, АТФ переходить в АМФ (аденозинмонофосфатна кислота). Реакції відщеплення кожної молекули фосфатної кислоти супроводжуються вивільненням енергії, що дорівнює 419 кДж/моль. Щоб підкреслити високу енергетичну «вартість» ортофосфатно-оксигенового зв'язку в АТФ, його прийнято називати макроергічним зв'язком. В АТФ є два макроергічні зв'язки.

Завдяки своїй структурі молекула АТФ може віддавати енергію в ті реакції, де вона необхідна, перетворюючись на АДФ, а далі АДФ може приєднати залишок фосфатної кислоти з поглинанням 419 кДж/моль, відновивши запас енергії. Таким чином, АТФ відіграє центральну роль у клітинних перетвореннях енергії і є універсальним переносником енергії.



Мал. 12.10. АТФ, АДФ і АМФ

Опорні точки

За своєю структурою нуклеїнові кислоти — полімери, мономерами яких є нуклеотиди. Якщо до складу нуклеотиду в нуклеїновій кислоті входить рибоза, то таку кислоту називають рибонуклеїновою кислотою (РНК), якщо дезоксирибоза — дезоксирибонуклеїновою кислотою (ДНК). Молекула РНК є одноланцюговою, а молекула ДНК — дволанцюговою.

Відмінності в будові ДНК та РНК пов'язані з їх різними біологічними функціями.

АТФ — це нуклеотид, що відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому нуклеїнові кислоти дістали таку назву?
2. Які компоненти входять до складу нуклеотидів у молекулі РНК та ДНК?
3. У чому полягає зміст правила Чаргаффа?
4. • Порівняйте будову молекул РНК і ДНК.
5. • Порівняйте структурні рівні організації молекули ДНК та молекули білка.
6. •• Як структура молекули АТФ пов'язана з її біологічними функціями?

§ 13. Функції нуклеїнових кислот

Нуклеїнові кислоти

Кожний вид живих організмів має особливий, тільки йому притаманний набір білків. Саме білки є основою видової специфічності. Майже всі ознаки клітин та організму в цілому визначаються білками. Як утворюються тисячі білкових молекул без жодної помилки в розташуванні амінокислот? Структура білка не дозволяє їм самовідтворюватися. Інформація про послідовність амінокислот у білках зберігається в молекулах ДНК. ДНК кожної клітини несе в собі інформацію про структурні білки, що визначають форму клітини, про білки-ферменти, про білки-гормони та ін. Ця інформація називається **генетичною**.

Нуклеїнові кислоти виконують функції зберігання, передавання, зміни та реалізації спадкової інформації.

ДНК — носій генетичної інформації. Кожний білок представлений одним або декількома поліпептидними ланцюгами. Ділянка ДНК,

що несе інформацію про будову одного поліпептидного ланцюга білка, називається **геном**. Кожна молекула ДНК містить багато різних генів. Сукупність молекул ДНК клітини виконує функцію носія генетичної інформації: ДНК може її зберігати, передавати, змінювати й брати участь у процесі реалізації генетичної інформації.

Передача спадкової інформації. Реплікація ДНК

Спадкоємність генетичного матеріалу в поколіннях клітин та організмів забезпечується реплікацією молекул ДНК. **Реплікація** — це процес матричного синтезу молекули ДНК на матриці — молекулі ДНК.

У результаті цього складного процесу, що здійснюється за допомогою ферментів, утворюються дві подвійні спіралі ДНК — дочірні молекули, що нічим не відрізняються одна від одної та від вихідної материнської молекули ДНК.

Реплікація відбувається у клітині перед поділом, тому кожна дочірня клітина отримує такі самі молекули ДНК, які мала материнська клітина.

Процес реплікації базується на принципах комплементарності і напівконсервативності.

Принцип комплементарності. Кожний із двох ланцюгів материнської молекули ДНК слугує матрицею, тобто основою, для синтезу комплементарного ланцюга, що доповнює його.

Принцип напівконсервативності. У результаті реплікації утворюються дві подвійні дочірні спіралі, кожна з яких зберігає в незмінному вигляді один полінуклеотидний ланцюг материнської ДНК. Другий полінуклеотидний ланцюг дочірньої молекули синтезується з нуклеотидів заново за принципом комплементарності нітратних основ (мал. 13.1).



Мал. 13.1. Схема реплікації ДНК

Функції РНК

Важливу роль у синтезі білка відіграє РНК. За виконуваними функціями виділяють кілька видів РНК.

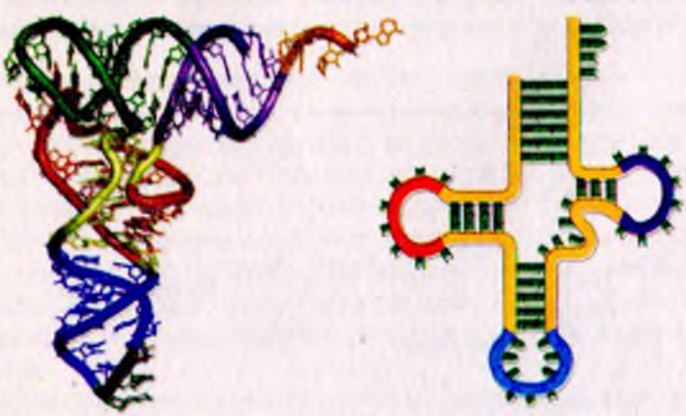
Види РНК

- **Транспортна РНК (тРНК)** — Молекули тРНК найкоротші: вони складаються лише із 80—100 нуклеотидів. Транспортні РНК в основному містяться в цитоплазмі клітини. Їхня функція полягає в перенесенні амінокислот до місця синтезу білка — рибосом (мал. 13.2).
- **Рибосомна РНК (рРНК)** — рРНК належить до найбільших РНК, її молекули складаються із 3—5 тисяч нуклеотидів. Рибосомна РНК входить до складу рибосоми, тобто виконує структурну функцію.
- **Інформаційна РНК (іРНК), або матрична (мРНК)** — іРНК міститься в ядрі й цитоплазмі. Вона переносить інформацію про структуру білка від ДНК до місця синтезу білка в рибосомах.

Пригадайте

Рибосома — це органела, що забезпечує синтез білка.

Усі види РНК синтезуються на ДНК, що є матрицею, тобто основою, для їх синтезу.



а *б*

Мал. 13.2. Структура транспортної РНК:
а — модель молекули тРНК; *б* — схема будови тРНК

Реалізація спадкової інформації

Оскільки молекула ДНК може сама себе відтворювати, то вона може виконувати роль молекули, що передає генетичну інформацію наступному поколінню. Для цього в природі існує особливий спосіб запису — генетичний код.

Генетичний код — це спосіб запису послідовності амінокислот у молекулах білка за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах. **Ген** — це ділянка молекули ДНК, яка кодує послідовність амінокислот одного поліпептидного ланцюга.

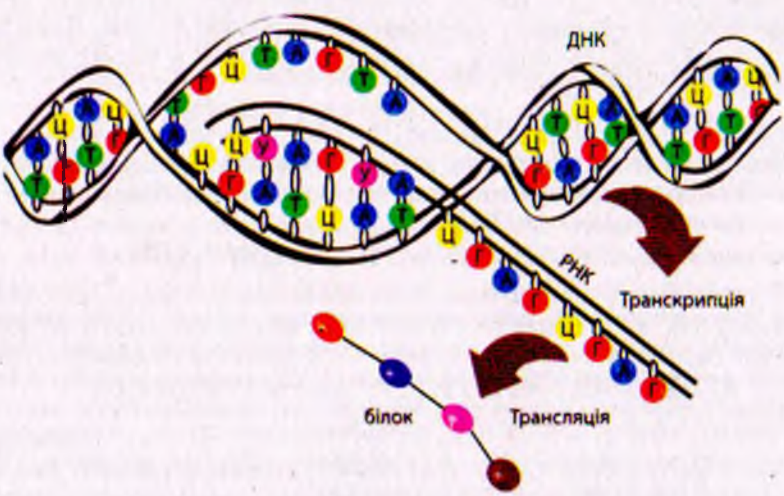
Як ви вже знаєте, у процесах реалізації спадкової інформації беруть участь молекули РНК трьох видів — іРНК, тРНК та рРНК. Усі вони синтезуються на матриці — молекулі ДНК. Процес синтезу всіх видів РНК на матриці ДНК називається **транскрипцією** (від латин. *transcriptio* — переписування). Транскрипція, як і реплікація, здійснюється за принципом комплементарності нітратних основ.

Наступний етап реалізації спадкової інформації — трансляція.

Трансляція — це процес синтезу білка на матриці — молекулі іРНК (мал. 13.3).

У синтезі білка беруть участь рибосоми, тРНК, ферменти, амінокислоти, молекули АТФ тощо.

Таким чином, завдяки унікальній будові нуклеїнові кислоти здатні до збереження, відтворення та передавання генетичної інформації.



Мал. 13.3. Загальна схема синтезу белка: транскрипція і трансляція

Опорні точки

Нуклеїнові кислоти виконують функції збереження, передавання, зміни та відтворення спадкової інформації.

Процес матричного синтезу молекули ДНК на матриці — молекулі ДНК — називають реплікацією. Реплікація — це процес самоподвоєння молекули ДНК, необхідний для передавання спадкової інформації.

У процесах відтворення спадкової інформації беруть участь молекули РНК трьох типів — іРНК, тРНК та рРНК.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконують нуклеїнові кислоти?
2. У якому вигляді в клітинах записано інформацію про послідовність амінокислот у білках?
3. Яку функцію виконують молекули іРНК?
4. Як молекула ДНК може сама себе відтворювати?
5. Чим процес транскрипції відрізняється від процесу реплікації? Що в них спільного?
6. Чому функцію передачі, збереження та відтворення спадкової інформації можуть виконувати тільки нуклеїнові кислоти?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Розв'язання елементарних вправ із транскрипції та реплікації. Вправи на моделювання реплікації та транскрипції

1. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів у ланцюзі ДНК, який буде синтезований на матриці — ланцюзі ДНК — з такою послідовністю нуклеотидів:

   ААА ГЦА ЦЦГ ЦАГ ГГГ АГГ ААА ЦТТ ТЦА ЦАТ

2. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів іРНК, яка буде синтезована на такому фрагменті ДНК:

   ААА ГЦА ЦЦГ ЦАГ ГГГ АГГ ААА ЦТТ ТЦА ЦАТ

3. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів фрагмента ДНК, на якому була синтезована іРНК з такою послідовністю нуклеотидів:

   АГГ АУУ АЦГ АУЦ УГЦ ГГГ ААА УУУ ГЦА ГАЦ

4. Користуючись принципом комплементарності нітратних основ, напишіть послідовність нуклеотидів другого ланцюга ДНК, якщо один із них має таку послідовність:

   ТГГ ГГГ ЦГЦ ГЦГ ТТ ТАА ГАА ЦАА АТТ

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3*

Розв'язання елементарних вправ із молекулярної біології

1. В одному ланцюзі ДНК кількість аденіну становить 16 %, кількість тиміну — 34 %, кількість гуаніну — 24 %, кількість цитозину — 26 %. Користуючись правилом Чаргаффа, визначте відсотковий вміст нуклеотидів у дволанцюговій молекулі ДНК.
2. В одному ланцюзі ДНК кількість аденіну становить 19 %, кількість тиміну — 31 %, кількість гуаніну — 8 %, кількість цитозину — 42 %. Користуючись правилом Чаргаффа, визначте відсотковий вміст нуклеотидів у дволанцюговій молекулі ДНК.

§ 14. Єдність хімічного складу організмів

Молекулярна логіка живого

Ви вже знаєте, що для утворення біологічних структур використовуються органічні сполуки. Їх ще називають **біомолекулами**. Ці молекули були відібрані в ході еволюції завдяки тому, що їхня структура дозволяє їм здійснювати процеси, що забезпечують життєдіяльність живих систем. В усіх організмах ці сполуки однакові.

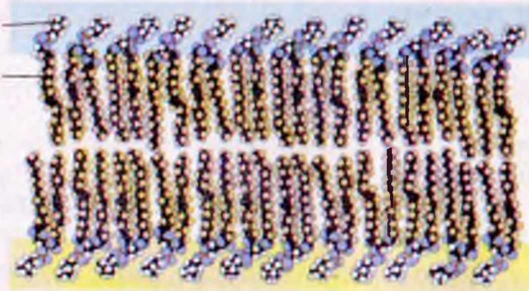
Розміри, форма й хімічні властивості біомолекул дозволяють їм виконувати функції будівельних білків під час створення складної структури клітин, брати участь у процесах перетворення речовин та енергії тощо. Біохіміки, вивчаючи органічні сполуки, завжди намагаються зрозуміти, з якою метою знадобилася живому організмові та чи інша молекула або хімічна реакція.

Молекули, з яких складаються живі організми, підпорядковуються всім відомим законам хімії, однак, окрім того, вони взаємодіють між собою відповідно до **закону молекулярної логіки живого**.

Такі властивості живого, як обмін речовин, спадковість, мінливість, ріст, розвиток, подразливість та інші, теж мають молекулярну основу.

Молекулярна логіка живого також єдина для всіх живих організмів. Наприклад, однаковим способом, за матричним принципом, синтезуються молекули ДНК. Однаковою в усіх організмів є загальна схема синтезу білка, що включає два етапи — транскрипцію та трансляцію.

В усіх живих організмів єдиний генетичний код. Універсальність генетичного коду й механізмів синтезу білка свідчить про біохімічну єдність усіх живих організмів.



Мал. 14.1. Біліпідний шар — основа клітинної мембрани: 1 — гідрофільні «головки»; 2 — гідрофобні «хвости»

В усіх клітинах подвійний шар фосфоліпідів є основою мембран. (мал. 14.1). Єдність будови мембран та подібність виконуваних ними функцій у різних клітинах також свідчить про хімічну єдність усіх живих організмів.

Хімічні елементи та неорганічні речовини

До складу всіх живих організмів входять певні елементи. Оксиген, Карбон, Гідроген та Нітроген — це хімічні елементи, яких у живих організмах більше, ніж інших. Саме вони є основою органічних сполук, що входять до складу клітин. Хімічні властивості живих організмів значною мірою залежать від Карбону, атоми якого утворюють ковалентні зв'язки та формують скелет органічних сполук.

Хімічний склад живої матерії відрізняється від хімічного складу, наприклад, земної кори. У живих клітинах Карбон становить 50—60 % сухої речовини, Нітроген — 8—10 %, Оксиген — 25—30 % та Гідроген — 3—4 %. А в земній корі на частку Карбону, Гідрогену та Нітрогену, узятих разом, припадає менш ніж 1 % її загальної маси.

Для різних організмів абсолютно необхідними є лише 27 із 92 природних хімічних елементів, присутніх у земній корі. Основні з них — це елементи, що входять до складу органічних сполук: Карбон (C), Оксиген (O), Гідроген (H), Нітроген (N), Фосфор (P), Сульфур (S).

Клітині також необхідні елементи, що зустрічаються у вигляді йонів: Натрій Na, Калій K, Магній Mg, Кальцій Ca та Хлор Cl.

Мікроелементи: Ферум (Fe), Силіцій (Si), Цинк (Zn), Манган (Mn), Кобальт (Co), Йод (I), Молібден (Mo), Ванадій (V), Нікол (Ni), Хром (Cr), Флуор (F), Селен (Se), Станум (Sn), Бор (B) та Арсен (As) — містяться в живих організмах у невеликих кількостях, але їх відсутність може призводити до серйозних порушень процесів життєдіяльності.



Рис. 14.2. Усі ці живі істоти мають схожий хімічний склад і єдину молекулярну логіку процесів життєдіяльності

Усі хімічні елементи перебувають в організмі або у вигляді йонів, або входять до складу тих чи інших сполук — молекул неорганічних та органічних речовин.

Схожість хімічного складу клітин усіх організмів є доказом єдності живої природи (мал.14.2). Разом із тим немає жодного хімічного елемента, що міститься в живих організмах, котрого не було б знайдено також у тілах неживої природи. Це є доказом єдності живої та неживої матерії.

Пригадайте

Більшість хімічних елементів, що містяться в живій матерії, мають порівняно невеликі порядкові номери в Періодичній системі хімічних елементів Д. І. Менделєєва, і лише у трьох із них порядкові номери перевищують 34. Це свідчить про елементну єдність живих організмів.

Із неорганічних сполук найбільш поширена в живих організмах вода. Єдність хімічного складу організмів виявляється і в тому, що всі структурні елементи живої клітини та їхні функції пристосовані до фізичних і хімічних властивостей води.

Органічні сполуки

Серед інших хімічних речовин живої клітини переважають органічні сполуки. Вони становлять у середньому 20—30 % маси організму.

До них належать білки, нуклеїнові кислоти та вуглеводи, а також ліпіди й низка інших молекул — гормонів, пігментів, амінокислот, нуклеотидів, АТФ. Кожна група органічних речовин у будь-якій клітині виконує схожі функції. Наприклад, у всіх клітинах білки виконують будівельну та ферментативну функції, фосфоліпіди є основою мембран, молекули АТФ використовуються як універсальний переносник енергії.

У всіх живих організмах у процесах збереження, передавання й реалізації спадкової інформації беруть участь нуклеїнові кислоти.

Для простих молекул, із яких побудовані всі макромолекули, характерна одна особливість: вони можуть виконувати в клітині декілька функцій. Наприклад, різні амінокислоти слугують не тільки мономерами білків, але є також попередниками гормонів, алкалоїдів, пігментів та багатьох інших біомолекул. Нуклеотиди використовуються не лише як мономери нуклеїнових кислот, а й як переносники енергії. Це є характерним для всіх організмів і також свідчить про єдність їхнього хімічного складу.

Опорні точки

Незважаючи на різноманітність живих організмів у природі, усі вони перебувають у безпосередній спорідненості один з одним, мають схожий хімічний склад, використовують для процесів життєдіяльності схожі хімічні реакції.

Усі властивості живого мають молекулярну основу, єдину для всіх живих істот. Схожість хімічного складу клітин усіх організмів є доказом єдності живої природи.

Універсальність генетичного коду й механізмів синтезу білка, єдність будови мембран і схожість виконуваних ними функцій у різних клітинах свідчать про хімічну єдність усіх живих організмів.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чому в усіх організмах органічні сполуки однакові?
2. Про що свідчить єдність будови мембран та подібність виконуваних ними функцій у різних клітинах?
3. Що свідчить про елементну єдність живих організмів?
4. • Які властивості живого мають молекулярну основу?
5. • Які властивості та функції мають біомолекули?
6. • Про що свідчить єдність будови мембран та схожість виконуваних ними функцій?
7. •• Доведіть, що молекулярна логіка живого теж єдина для всіх живих організмів.

§ 15. Особливості використання окремих хімічних речовин, хімічний склад продуктів харчування

Особливості використання окремих хімічних речовин

Швидкий розвиток хімічної промисловості спричинив появу великої кількості різноманітних товарів побутової хімії, якими ми щодня користуємося. За допомогою різних хімічних речовин ми перемо, підсинюємо та підкрохмалюємо білизну, чистимо килими й одяг, фарбуємо та клеїмо, доглядаємо за рослинами в кімнаті й на присадибній ділянці.

Сучасна людина щодня стикається із товарами побутової хімії, різними за призначенням, складом, зовнішнім виглядом. Перш ніж використовувати їх, слід уважно ознайомитися зі способами їх застосування. Це дозволить зрозуміти, наприклад, чи потрібно аерозольний балон струшувати перед використанням, чи є придбаний засіб універсальним чи він має чітке цільове призначення, яким є його гарантійний термін зберігання. Якщо дотримуватися правил поведінки, зазначених в інструкції, то будь-який, навіть отруйний, препарат побутової хімії буде безпечним.

За ступенем небезпеки для людини хімічні речовини поділяють на три групи: безпечні, отруйні, пожежонебезпечні.

До **безпечних хімічних речовин** належать мийні, підсинювальні та підкрохмалювальні засоби, багато відбілювальних та чистильних засобів, більшість мінеральних добрив.

До **отруйних хімічних речовин** належать засоби для боротьби з побутовими комахами та гризунами, хімічні засоби захисту рослин, деякі речовини для виведення плям та клейкі засоби, окремі види автокосметики.

До **пожежонебезпечних хімічних речовин** належать багато засобів для виведення плям, полірувальних та клейких засобів, препарати для догляду за виробами зі шкіри, деякі рідкі чистильні препарати, препарати в аерозольній упаковці.

Для правильного застосування товарів побутової хімії корисно мати деякі відомості щодо особливостей і властивостей синтетичних полімерних матеріалів — пластмас, плівок, волокон і тканин із них. Однією з найважливіших умов створення хімічної безпеки є основні правила техніки безпеки під час зберігання й застосування препаратів побутової хімії.

Правила застосування препаратів побутової хімії

1. Усі препарати слід застосовувати лише за прямим призначенням, чітко дотримуючись інструкцій та рекомендацій щодо їх використання.

2. Застосовувати можна лише ті препарати, які були придбані в магазині та мають етикетку на упаковці.
3. Усі засоби побутової хімії, навіть якщо це звичайний пральний порошок або кальцинована сода, слід зберігати в недоступних для дітей місцях і обов'язково окремо від продуктів харчування.
4. Під час робіт з пожежонебезпечними засобами не можна запалювати газові горілки, сірники, не можна палити, користуватися електронагрівальними приладами.
5. Працюючи з препаратами, що містять кислоти, луги тощо, слід одягати резинові рукавички, окуляри.
6. Не можна низько нахилятися над посудинами з хімічними речовинами, нюхати їх, сильно втягуючи повітря.
7. Працюючи з інсектицидами, слід використовувати захисні окуляри, респіратор та гумові рукавички.

Деяких додаткових застережних заходів необхідно дотримуватися, користуючись аерозольними балонами, тому що рідка суміш, що міститься у балоні під тиском, у більшості випадків є горючою. Їх не можна ставити поблизу джерел тепла (підвищення тиску може призвести до розриву балона), їх не можна розкривати навіть після використання, не можна викидати на вулиці, у лісі, у будь-якому місці, де їх можуть знайти діти. Під час роботи з балонами поблизу не має бути джерел відкритого вогню.

Хімічний склад продуктів харчування

Енергетичні витрати організму мають компенсуватися надходженням енергії з їжею. До складу повноцінного раціону входять поживні речовини п'яти класів: вуглеводи, жири, білки, вітаміни, неорганічні речовини та мікроелементи. Збалансоване харчування означає, що в їжі є білки, жири й вуглеводи у співвідношенні 1 : 1 : 4.

Слід ураховувати, що для нормального харчування необхідно понад 40 різних так званих незамінних речовин. Це ті речовини, яких організм людини та тварин сам синтезувати не може. До них належать 10 амінокислот, 12 вітамінів, більш ніж 20 неорганічних елементів та кілька поліненасичених жирних кислот.

Організм людини не може тривалий час обходитися без води, мінеральних речовин, вуглеводів, ліпідів, білків, вітамінів та харчових волокон, оскільки вони є корисними і необхідні для обміну речовин, росту й розвитку.

Біологічно активні добавки

Біологічно активні добавки (БАД) — це композиція натуральних (або ідентичних натуральним) біологічно активних речовин,

призначених для безпосереднього вживання з їжею або введення до складу продуктів харчування.

Біологічно активні добавки до їжі використовуються тільки в тому разі, якщо вони призначені лікарем з метою:

- поповнення недостатнього надходження з раціоном білка й окремих незамінних амінокислот, ліпідів і деяких жирних кислот, вуглеводів і цукрів, вітамінів, макро- й мікроелементів, харчових волокон;
- зменшення калорійності раціону, регулювання (зниження або підвищення) апетиту й маси тіла;
- зниження ризику розвитку захворювань;
- підтримування нормального складу й функціональної активності кишкової мікрофлори.

Правила використання БАД

1. Біологічно активні добавки призначаються виключно лікарем. Їх не можна використовувати на власний розсуд або за порадою друзів. Неправильне використання біологічно активних добавок може зашкодити організму людини.
2. Необхідно уважно вивчати інформацію про виробника БАД, оскільки на ринку чимало неякісної продукції. БАДи мають вироблятися згідно з міжнародним стандартом якості GMP (Good Manufactured Practice) для лікарських засобів.

Застосування медичних препаратів

Медичні препарати за неправильного застосування можуть зашкодити, тому необхідно дотримуватися правил зберігання й застосування лікарських препаратів.

Правила зберігання та застосування лікарських препаратів

1. Лікарські препарати призначаються лікарем, їх не можна використовувати на власний розсуд.
2. Необхідно уважно ознайомитися з інструкцією із застосування ліків та дотримуватися її.
3. Слід ураховувати термін придатності ліків. Ліки необхідно періодично продивлятися та викидати непридатні для застосування.
4. Зберігати ліки слід у спеціальній шафці із замком, розмістивши на різних полицях ліки для зовнішнього та внутрішнього застосування. Якщо в інструкції написано, що ліки необхідно зберігати у холодильнику, то слід виділити для них у холодильнику спеціальне місце.
5. Ліки мають зберігатися в недоступних для дітей місцях.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема. Ознайомлення з інструкціями з використання окремих хімічних речовин як медичних препаратів, засобів побутової хімії тощо й оцінювання їх небезпеки

Мета: навчитися користуватися інструкціями застосування медичних препаратів та засобів побутової хімії.

Обладнання: набір інструкцій до засобів побутової хімії та лікарських препаратів (на вибір учителя чи учнів).

Хід роботи

Завдання 1

1. Ознайомтеся з трьома інструкціями використання засобів побутової хімії.
2. Порівняйте правила використання та зберігання цих засобів. Що в них спільного та відмінного?
3. Зробіть висновок.
4. Сформулюйте основні правила з використання засобів побутової хімії.

Завдання 2

1. Ознайомтеся з трьома інструкціями із застосування лікарських препаратів.
2. Порівняйте правила використання й зберігання цих лікарських препаратів. Що в них спільного й відмінного?
3. Зробіть висновок.
4. Сформулюйте основні правила із застосування лікарських засобів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема. Оцінювання продуктів харчування за їхнім хімічним складом

Мета: навчити школярів оцінювати продукти харчування за їхнім хімічним складом.

Обладнання: таблиця «Калорійність і хімічний склад продуктів харчування».

Хід роботи

Завдання 1

1. Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як макарони та помідори. Що в їхньому складі спільного й відмінного?

Таблиця

Калорійність і хімічний склад продуктів харчування (у 100 г)

Продукт харчування	Ккал	Вода (г)	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)	Кальцій (мг)	Магній (мг)	Фосфор (мг)
Хліб житній	214	43,6	5,2	1,2	44,3	29	73	200
Хліб білий	240	33,7	6,0	0,7	52,9	20	31	98
Макарони	336	11,9	9,3	0,8	70,9	34	33	93
Картопля взимку	62	70,2	1,2	0,2	14,0	8	17	38
Капуста	22	90,1	1,2	0,2	4,1	38	12	25
Морква	27	86,8	0,9	0,3	5,7	43	21	39
Буряк	35	85,7	0,8	0,3	7,7	22	22	34
Гарбуз	18	91,1	0,3	0,2	4,2	17	10	11
Цукор	390	0,2	0	0	95,5	0	0	0
Молоко	62	87,3	3,0	3,5	4,5	120	14	95
Сир знежирений	141	72,5	12,9	8,5	3,3	164	15	151
Сметана	284	67,7	2,1	28,2	3,1	86	10	68
Сир голландський	313	34,6	20,9	23,6	2,0	684	12	525
М'ясо пісне	122	75,0	12,0	7,8	0	10	16	153
Яйця	127	73,7	9,0	9,7	0,3	39	10	104
Риба (тріска)	50	79,2	11,6	0,3	0	11	13	111
Печінка	109	71,6	16,0	4,7	2,8	17	20	315
Шоколад	482	1,6	5,3	22,2	63,4	92	48	455
Морозиво вершкове	206	59,8	3,9	12,1	21,3	122	14	105

2. Зробіть висновок.

Завдання 2

1. Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як цукор, молоко та гарбуз. Що в їхньому складі спільного й відмінного?
2. Зробіть висновок.

Завдання 3

1. Використовуючи таблицю, порівняйте хімічний склад таких продуктів харчування, як капуста й м'ясо пісне. Що в їхньому складі спільного й відмінного?
2. Зробіть висновок.

Завдання 4 (додаткове творче завдання)

1. Використовуючи таблицю, складіть раціональне меню для свого сніданку, обіду та вечері. Яким критерієм для його складання ви користуватиметеся?
2. Зробіть висновок.

Тестова перевірка знань за розділом І. Молекулярний рівень організації життя

Укажіть правильні відповіді

1. Правильні твердження:
   а) жири належать до гідрофільних речовин;
   б) вода має велику теплоємність і теплопровідність;
   в) лужне середовище формується в клітині за умови надлишку протонів водню;
   г) вода бере участь в утворенні структури молекул розчинних речовин.
2. До моносахаридів належать:
   а) крохмаль;
   б) глікоген;
   в) глюкоза;
   г) дезоксирибоза.
3. До дисахаридів належать:
   а) сахароза;
   б) мальтоза;
   в) лактоза;
   г) целюлоза.
4. Ліпіди виконують в організмі такі функції:
   а) структурну;
   б) регуляторну;
   в) каталітичну;
   г) є джерелами ендогенної води.

5. До складу молекули ДНК входять:
   а) рибоза; в) глюкоза;
   б) дезоксирибоза; г) фруктоза.
6. Основу клітинних мембран утворюють:
   а) білки; в) воски;
   б) фосфоліпіди; г) гліколіпіди.
7. Правильні твердження:
   а) молекули води утримуються одна біля одної за рахунок ковалентних зв'язків;
   б) молекули води утримуються одна біля одної за рахунок водневих зв'язків;
   в) ковалентні зв'язки в 15—20 разів міцніші від водневих;
   г) водневі зв'язки в 15—20 разів міцніші від ковалентних.
8. До полісахаридів належать:
   а) крохмаль; в) глюкоза;
   б) глікоген; г) мальтоза.
9. Вуглеводи виконують такі функції:
   а) структурну; в) каталітичну;
   б) енергетичну; г) є джерелами ендогенної води.
10. Мікроелементами є:
   а) Кобальт; в) Хлор;
   б) Калій; г) Бром.
11. Макроелементами є:
   а) Кобальт; в) Цинк;
   б) Калій; г) Йод.
12. Органогенними елементами є:
   а) Натрій; в) Калій;
   б) Карбон; г) Бром.
13. Ендемічні захворювання виникають унаслідок:
   а) нестачі глікогену в організмі;
   б) надлишку білків у їжі;
   в) нестачі або надлишку вмісту певного хімічного елемента в середовищі;
   г) нестачі або надлишку вмісту ліпідів у їжі.
14. До гексоз належить:
   а) глюкоза; в) рибоза;
   б) фруктоза; г) дезоксирибоза.
15. До ліпідів належать:
   а) стероїди; в) фосфоліпіди;
   б) сахароза; г) хітин.

16. При повному окисненні 1 г жирів до вуглекислого газу і води:
   а) виділяється 38,9 кДж енергії;
   б) виділяється 8,9 кДж енергії;
   в) виділяється 138,9 кДж енергії;
   г) енергія не виділяється.

17. Естрадіол (жіночий гормон) і тестостерон (чоловічий гормон) належать:
   а) до білків;
   б) ліпідів;
   в) вуглеводів;
   г) вітамінів.

18. Амінокислотні залишки в молекулі білка з'єднуються між собою:
   а) водневим зв'язком;
   б) пептидним зв'язком;
   в) ковалентним зв'язком;
   г) йонними взаємодіями.

19. Процес руйнування первинної структури білків називають:
   а) ренатурацією;
   б) необоротною денатурацією;
   в) деструкцією;
   г) оборотною денатурацією.

20. Амінокислоти, які організм тварин не може синтезувати, називаються:
   а) основними;
   б) замінними;
   в) незамінними;
   г) сульфуровмісними.

21. Фермент у процесі реакції:
   а) не змінюється, але витрачається;
   б) змінюється і витрачається;
   в) не змінюється і не витрачається;
   г) змінюється, але не витрачається.

22. До водорозчинних належить вітамін(-ни):
   а) групи В;
   б) групи С;
   в) групи А;
   г) Е.

23. Гормони можуть бути:
   а) білкової природи;
   б) похідними амінокислот;
   в) ліпідної природи;
   г) вуглеводами.

24. Мономером нуклеїнових кислот є:
   а) нуклеозид;
   б) нуклеотид;
   в) амінокислота;
   г) нітратна основа.

25. До складу нуклеотидів молекули ДНК входять:
   а) рибоза;
   б) тимін;
   в) урацил;
   г) дезоксирибоза.

26. До складу нуклеотидів молекули РНК входять:
   а) рибоза;
   б) тимін;
   в) урацил;
   г) цитозин.

27. Установіть відповідність між йоном та його біологічним значенням:

1) Cl^-;
2) F^-;
3) Fe^{3+};
4) Ca^{2+}.

а) є компонентом шлункового соку у вигляді хлоридної кислоти;
б) входить до складу емалі зубів;
в) забезпечує проведення нервових імпульсів;
г) входить до складу гемоглобіну;
д) у рослин входить до складу оболонки клітини, у тварин — до складу кісток і зубів, активізує зсідання крові.

28. Установіть відповідність між назвами структур білка та їхніми характеристиками:

1) первинна;
2) вторинна;
3) третинна;
4) четвертинна.

а) кількість і послідовність амінокислот у поліпептидного ланцюга;
б) спосіб упаковки первинної структури в альфа-спіраль або бета-шар;
в) спосіб упаковки альфа-спіралі в просторову глобулу;
г) спосіб спільної упаковки декількох поліпептидних ланцюгів;
д) спосіб відновлення втрачених раніше водневих зв'язків.

29. Установіть відповідність між назвами білків і їхніми функціями:

1) пепсин;
2) гемоглобін;
3) казеїн;
4) інтерферон.

а) транспортна;
б) запасаюча;
в) гормональна;
г) ферментативна;
д) захисна.



РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Клітина

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- історію вивчення клітини;
- методи цитологічних досліджень;
- будову клітин прокаріотів і еукаріотів.

Навчитеся:

- розпізнавати клітини прокаріотів і еукаріотів;
- пояснювати взаємозв'язок будови та функцій клітинних органел;
- виготовляти деякі мікропрепарати.

§ 16. Історія вивчення клітини. Методи цитологічних досліджень

Історія вивчення клітини

Світ клітин, не видимий неозброєним оком, лишався повністю невідомим до середини XVII ст., поки люди не навчилися шліфувати лінзи та використовувати їх для розширення можливостей зору.

Одним із перших творців мікроскопа був англієць **Роберт Гук** — фізик, метеоролог, біолог, інженер, архітектор. У 1665 р. він видав альбом малюнків під назвою «Макрографія», у якому були представлені його спостереження під мікроскопом. Серед них був і тонкий зріз тканини дерева, структура якого нагадувала стільники, чітке й правильне розташування «мікроскопічних пор», або «клітин». Гук використовував слово «клітини» у його справжньому значенні, маючи на увазі маленькі камери на зразок чернечих келій. Це слово закріпилося в науці, набувши зовсім іншого значення.

Одним з обдарованих сучасників Гука був голландець **Антоні ван Левенгук,** який створив понад двісті мікроскопів власної особливої конструкції. Вони складалися з невеликої скляної кульки, вставленої у мідну пластинку. Тримаючи такий пристрій поблизу ока і розглядаючи крізь кульку різні предмети, закріплені на кінчику голки, Левенгук домігся збільшення об'єктів у 270 разів і зробив видатні відкриття (мал. 16.1). Заслуговує на подив той факт, що Левенгуку вдалося побачити навіть бактерії, які він замалював із такою точністю, що фахівці й сьогодні можуть їх розпізнати.

Роберт Броун у 1833 р. відкрив у клітині ядро. Після 1825 р. **Ян Пуркіньє** розробив ефективні методики приготування та фарбування препаратів для мікроскопічної техніки. Поліпшення чіткості зображення мало такі важливі наслідки, що вже за кілька років можна було сформулювати загальну теорію, згідно з якою всі рослини й тварини складаються з клітин.

Пригадайте

Клітинну теорію запропонував для рослин у 1837 р. німецький ботанік **Матіас Шлейден,** а поширив на тваринний світ його друг, фізіолог **Теодор Шванн**. Дещо пізніше її доповнив **Рудольф Вірхов**, який у 1885 р. сформулював положення «Кожна клітина походить із клітини».

У середині XIX ст. клітинна теорія стала загальновизнаною і послужила основою для науки про клітину — **цитології.** До кінця XIX ст. було відкрито багато компонентів клітин. Учені описали їх і дали їм назви. З часом, однак, дослідники зіштовхнулися з перешкодою, яка здавалася нездоланною, оскільки була зумовлена самими законами фізики. Навіть за допомогою досить досконалих інструментів не можна було побачити ті деталі, розміри яких були менші за половину довжини хвилі світла (тобто менш ніж 0,25 мкм).



а *б*

Мал. 16.1. Малюнки рослинних клітин, зроблені А. Левенгуком (*а*) та Р. Гуком (*б*)

А у світі клітин такі розміри трапляються доволі часто. Уявіть собі, що у світі, який нас оточує, не можна розрізнити жодного предмета, якщо він менший за 25 см. Як багато всього зникне, ставши раптом невидимим!

Але в 1945 р. цитологи вперше зазирнули до клітини за допомогою електронного мікроскопа та побачили багато невідомих раніше структур. Отже, вирішальна роль у розвитку цитології належить новим відкриттям в інших науках, зокрема у фізиці. Прогрес у цитології був неможливим до появи нових технічних засобів, наприклад електронного мікроскопа (мал. 16.2).

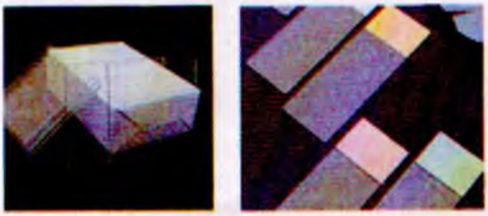
Методи цитологічних досліджень

Основним методом, яким користуються цитологи, **є метод світлової мікроскопії**. Він передбачає застосування світлового мікроскопа, але розглянути під світловим мікроскопом можна лише спеціально приготовлені **цитологічні препарати**.

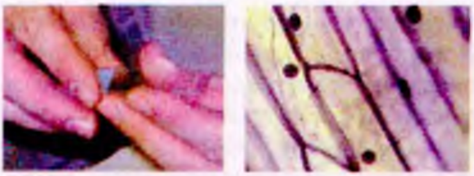
Для приготування препаратів цитологи використовують накривне та предметне стекла і спеціально підготовлені об'єкти, які можна розглядати (мал. 16.3). Головне, що необхідно,— це отримати один шар клітин так, щоб вони пропускали світло і щоб їхні структури можна було побачити в мікроскоп. Найчастіше ці структури безколірні, тому їх необхідно фарбувати спеціальними барвниками, щоразу різними, залежно від того, які структури бажано побачити. Існують два методи: **метод приготування давлених препаратів** — досліджуваний об'єкт просто розчавлюється в один шар між предметним та накривним склом; і **метод приготування тонких зрізів**, що складаються з одного шару клітин (мал. 16.4). Для приготування таких тонких зрізів існують спеціальні пристрої — ультрамікротоми. Обидва методи призначені для вивчення вже неживих клітин і дають змогу виготовити як тимчасові препарати, які можна розглядати протягом кількох днів, так і постійні препарати, що можуть зберігатися довгі роки (тому що залиті спеціальним бальзамом).



Мал. 16.2. Електронний мікроскоп



Мал. 16.3. Накривні та предметні стекла



Мал. 16.4. Препарат, що складається з одного шару клітин



Мал. 16.5. Синапс у флуоресцентному мікроскопі

Для вивчення живих клітин застосовують метод **фазово-контрастної мікроскопії**. Він базується на тому, що окремі ділянки прозорої клітини хоч і мало чим, але все ж таки відрізняються одна від одної за щільністю та світлопереломлюванням. Існують прилади, які допомагають вловити цю різницю та подати нашому оку світло-темне контрастне зображення живого об'єкта.

Вивчаючи живі клітини, застосовують також **метод флуоресцентної мікроскопії** (мал. 16.5). Зміст його полягає в тому, що цілий ряд речовин мають здатність світитися при поглинанні ними світлової енергії. Наприклад, якщо у флуоресцентний мікроскоп розглядати клітини рослин, то на темно-синьому тлі буде видно червоні зерна, що яскраво світяться,— це хлоропласти.

Пригадайте

Синапс — це спеціалізоване утворення, яке забезпечує перехід збудження з одного нейрона на інший або збудливу клітину (м'язову чи секреторну).

Існує метод, у якому використовуються мічені ізотопи — **метод авторадіографії** — реєстрації речовин, мічених ізотопами. За допомогою цього методу можна побачити, до яких частин клітини потрапляють речовини, мічені радіоактивними ізотопами. Це важливо для з'ясування особливостей функціонування клітини.

Пригадайте

Ізотопи — це різновиди атомів хімічного елемента, які мають однаковий заряд ядра, але різну відносну атомну масу.

Метод електронної мікроскопії відкрив цитологам ті структури клітини, які мають розміри, менші від довжини світлової хвилі. Завдяки цьому методу з'явилася можливість розглянути віруси та органели, на яких відбувається синтез білка (рибосоми).

Цитологи можуть також отримувати й вивчати різні компоненти клітини за допомогою **фракціонування клітин**. Клітину спочатку руйнують, а потім виділяють клітинні структури, використовуючи спеціальний пристрій — центрифугу. Відокремлені органели клітин можна вивчати за допомогою інших біохімічних методів.

Метод використання культури клітин є методом тривалого зберігання та вирощування у спеціальних живильних середовищах клітин, тканин, невеликих органів або їх частин, виділених з організму людини, тварини чи рослини. Важливою перевагою цього методу є можливість спостереження за життєдіяльністю клітин за допомогою мікроскопа. Методи використання культури клітин набув широкого застосування для відновлення різних тканин та органів.

Значення цитологічних методів у діагностиці та лікуванні захворювань людини

Цитологічні методи застосовуються в медицині для дослідження фізіологічного стану організму людини на основі вивчення будови клітин. Вони використовуються для виявлення захворювань крові, розпізнавання злоякісних та доброякісних пухлин, багатьох захворювань органів дихання, травлення, сечовиділення, нервової системи та їх лікування.

Один із розділів клітинної медицини присвячений вивченню стовбурових клітин. **Стовбурова клітина** — це незріла клітина, здатна до самооновлення та розвитку у спеціалізовані клітини організму. У дорослому організмі стовбурові клітини містяться в основному у кістковому мозку та в дуже невеликій кількості в усіх органах і тканинах. Оскільки стовбурові клітини можуть перетворюватися на будь-які клітини організму залежно від того, де вони осідають, то їх можна використовувати для лікування багатьох захворювань.

Опорні точки

Історія розвитку цитології починається з XVII ст. одночасно зі створенням світлового мікроскопа. Прогрес у вивченні клітини тісно пов'язаний з успіхами розвитку мікроскопічної техніки та створенням різних методик приготування препаратів.

Основним методом, яким користуються цитологи, є метод світлової мікроскопії. До інших методів належать метод фазово-контрастної мікроскопії, метод використання культури клітин тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Який внесок зробив у розвиток цитології Р. Гук?
2. Чому деякі структури клітини неможливо побачити у світловий мікроскоп?

3. Які наслідки для розвитку науки мало покращення чіткості зображення світлового мікроскопа?
4. Чому прогрес у цитології був неможливим до появи нових технічних засобів, наприклад електронного мікроскопа?
5. Які методи застосовують учені для приготування цитологічних препаратів?
6. У чому полягають особливості методів фазово-контрастної мікроскопії?

§ 17. Будова клітин прокаріотів і еукаріотів

Єдність будови клітин

Відомо, що клітини є досить різноманітними. Їхня різноманітність настільки велика, що спочатку, розглядаючи клітини в мікроскоп, учені не помічали в них схожих рис або властивостей. Але потім з'ясували, що за всім різноманіттям клітин криється їхня принципова єдність, спільні для них прояви життя.

У чому ж клітини однакові?

Вміст будь-якої клітини відокремлений від зовнішнього середовища особливою структурою — **плазматичною мембраною** (плазмалемою). Ця відокремленість дозволяє створювати всередині клітини зовсім особливе середовище, не схоже на те, що її оточує. Тому в клітині можуть відбуватися ті процеси, які не відбуваються більше ніде. Їх називають **процесами життєдіяльності**.

Внутрішнє середовище живої клітини, обмежене плазматичною мембраною, називається **цитоплазмою**. Вона включає **гіалоплазму** (основну прозору речовину) та **клітинні органели**, а також різні непостійні структури — **включення**.

До органел, які є в будь-якій клітині, належать також **рибосоми**, на яких відбувається синтез білка.

Єдність будови всіх клітин є підтвердженням **єдності живого світу**.

Будова клітин еукаріотів

Еукаріоти — це організми, клітини яких, на відміну від клітин прокаріотів, мають ядро (мал. 17.1). **Ядро** — це найбільша органела еукаріотичної клітини, у якій зберігається і з якої переписується спадкова інформація, записана у хромосомах. **Хромосома** — це гігантська молекула ДНК, інтегрована з білками.

У ядрі міститься **ядерце** — місце, де утворюються інші важливі органели, що беруть участь у синтезі білка,— **рибосоми**. Але рибосоми

лише формуються в ядрі, а працюють вони (тобто синтезують білок) у цитоплазмі. Частина з них перебуває в цитоплазмі вільно, а частина прикріплюється до мембран, що утворюють сітку, яка дістала назву ендоплазматичної. Рибосоми — немембранні органели.

Ендоплазматична сітка — це сітка канальців, обмежених мембранами. Існує два типи ендоплазматичної сітки: гладенька та гранулярна. На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки розташовані рибосоми, тому в ній відбувається синтез та транспортування білків. А гладенька ендоплазматична сітка — це місце синтезу та транспортування вуглеводів і ліпідів. На ній рибосом немає.

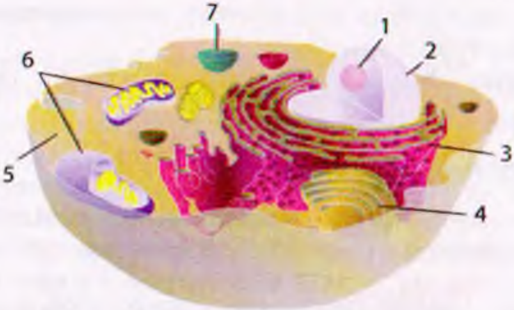
Для синтезу білків, вуглеводів та жирів необхідна енергія, яку в еукаріотичній клітині виробляють «енергетичні станції» клітини — мітохондрії.

Мітохондрії — двомембранні органели, у яких здійснюється процес клітинного дихання. На мембранах мітохондрій окиснюються органічні сполуки та накопичується хімічна енергія у вигляді особливих енергетичних молекул (АТФ).

У клітині також є місце, де органічні сполуки можуть накопичуватися і звідки вони можуть транспортуватися, — це **апарат Гольджі**, система плоских мембранних мішечків. Він бере участь у транспортуванні білків, ліпідів, вуглеводів. В апараті Гольджі утворюються також органели внутрішньоклітинного травлення — лізосоми.

Лізосоми — одномембранні органели, що є характерними для клітин тварин, містять ферменти, які можуть розщеплювати білки, вуглеводи, нуклеїнові кислоти, ліпіди.

Усі органели клітини працюють спільно, беручи участь у процесах обміну речовин та енергії.



Мал. 17.1. Будова еукаріотичної клітини:
1 — ядерце; 2 — ядро; 3 — ендоплазматична сітка; 4 — апарат Гольджі; 5 — цитоплазма; 6 — мітохондрії; 7 — лізосоми

У клітині можуть бути органели, що не мають мембранної будови, наприклад рибосоми і **цитоскелет**. Цитоскелет — це опорно-рухова система клітини, що включає мікрофіламенти, війки, джгутики, клітинний центр, який продукує мікротрубочки та центріолі.

Існують органели, характерні тільки для клітин рослин,— **пластиди**.

Пригадайте

Пластиди бувають трьох типів: **хлоропласти**, **хромопласти** та **лейкопласти**. У хлоропластах, як ви вже знаєте, відбувається процес фотосинтезу.

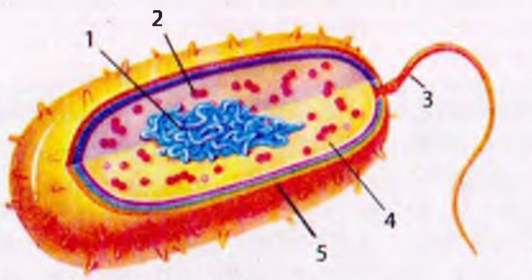
У клітинах рослин є також **вакуолі** — продукти життєдіяльності клітини, що є резервуарами води та розчинених у ній сполук.

До еукаріотичних організмів належать рослини, тварини та гриби.

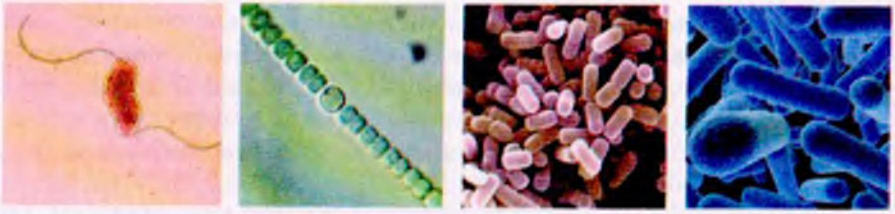
Будова клітин прокаріотів

Прокаріоти — одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра та багатьох інших органел, які є в еукаріотів (мал. 17.2). Для всіх прокаріотичних клітин характерними є малі розміри (не більш ніж 10 мкм), збереження генетичного матеріалу у формі кільцевої молекули ДНК (**нуклеоїду**). До прокаріотичних організмів належать бактерії та ціанобактерії, які раніше називали синьо-зеленими водоростями (мал. 17.3).

Якщо в прокаріотів відбувається процес аеробного дихання, то для цього використовуються спеціальні випинання плазматичної мембрани — **мезосоми**. Якщо бактерії фотосинтезують, то процес фотосинтезу відбувається на фотосинтетичних мембранах — **тилакоїдах**.



Мал. 17.2. Будова прокаріотичної клітини:
1 — нуклеоїд; 2 — рибосоми; 3 — джгутик; 4 — цитоплазма; 5 — клітинна стінка



Мал.17.3. Різноманітні бактерії та ціанобактерії

Синтез білка в прокаріотів відбувається на рибосомах, але вони менші за розмірами, ніж рибосоми еукаріотів.

У прокаріотичній клітині мало органел, жодна з них не має двомембранної будови, внутрішні мембрани трапляються рідко. Якщо вони є, то на них відбуваються процеси дихання або фотосинтезу.

Гіпотези походження органел еукаріотичних клітин*

Прокаріотичні клітини з'явилися на Землі раніше, ніж еукаріотичні. Загальновизнаним є той факт, що еукаріоти з'явилися в результаті симбіозу декількох різновидів прокаріотів (бактерій).

Симбіотична гіпотеза пояснює механізм виникнення деяких органоїдів еукаріотичної клітини — мітохондрій та фотосинтезуючих пластид. Імовірно, мітохондрії походять від аеробних еубактерій, пластиди — від ціанобактерій, а основна клітина — від якихось форм архебактерій.

Інша гіпотеза — **інвагінаційна** — стверджує, що походження еукаріотичної клітини виходить із того, що предковою формою був аеробний прокаріот. Органели в ньому виникли в результаті впинання та відшарування частин оболонки з подальшою функціональною спеціалізацією в ядро, мітохондрії, хлоропласти інших органел.

Проблема походження органел залишається відкритою.

Дізнайтеся більше

Найважливіша відмінність еукаріотичних організмів від прокаріотичних полягає в більш досконалій системі регулювання геному. Цьому сприяла поява клітинного ядра: ділянка активного обміну речовин — цитоплазма — відокремилася від ділянки зберігання, передавання та реалізації генетичної інформації. У результаті в еукаріотичних організмів різко підвищилася здатність адаптуватися до мінливих умов середовища, без внесення спадкових змін до геному.

Опорні точки

До структур, які є в будь-якій клітині, належать плазматична мембрана, цитоплазма та рибосоми. Єдність будови всіх клітин є підтвердженням єдності живого світу.

Еукаріоти — це організми, у клітинах яких є відмежоване двомембранною оболонкою ядро. Окрім ядра, у клітинах еукаріотів є такі органели, як мітохондрії, пластиди, апарат Гольджі, ендоплазматична сітка, лізосоми, цитоскелет та інші органели.

Прокаріоти — це одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра та багатьох інших органел, що є в еукаріотів. Для всіх прокаріотичних клітин характерними є малі розміри та збереження генетичного матеріалу у формі циклічної молекули ДНК — нуклеоїду.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості будови клітин еукаріотів?
2. У чому полягають особливості будови клітин прокаріотів?
3. Які характеристики спільні для будь-яких живих клітин?
4. * Які функції можуть виконувати органели еукаріотичної клітини?
5. * Чим відрізняється метод зберігання спадкової інформації у прокаріотів та еукаріотів?
6. ** Порівняйте симбіотичну та інвагінаційну гіпотези походження еукаріотичної клітини.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема. Особливості будови клітин прокаріотів і еукаріотів

Мета: вивчити особливості будови клітин прокаріотів й еукаріотів, навчитися розпізнавати клітини рослин, тварин, грибів та бактерій на мікрофотографіях, схемах, мікропрепаратах.

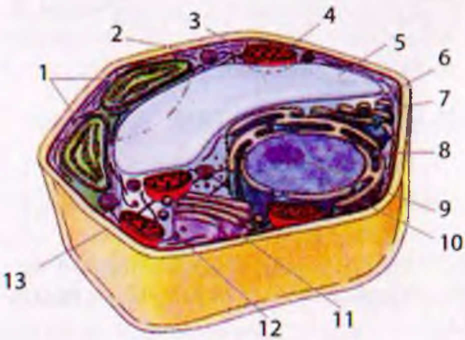
Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметне та накривне стекла, пінцети, скляні та дерев'яні палички, препарувальні голки, розчин йоду, розчин метиленової зелені з метановою кислотою, склянка з водою; постійні препарати бактерій, цибулина, препарат клітин гриба мукора; мікрофотографії бактерій, тваринних та рослинних клітин, клітин грибів.

Хід роботи

1. Ознайомтеся зі схемами будови тваринної і рослинної клітин.
2. Підготуйте мікроскоп до роботи.

Завдання 1. Вивчення клітин рослин.

1. Приготуйте препарат клітин шкірки цибулі. Під мікроскопом ви побачите клітини. Розгляньте їх.
2. Замалюйте клітини, які ви розглянули під мікроскопом.
3. Порівняйте побачене під мікроскопом з малюнком.



Будова рослинної клітини:
1 — хлоропласти; 2 — пероксисома; 3 — цитоскелет; 4 — мітохондрія; 5 — вакуоля; 6 — рибосома; 7 — гладенька ендоплазматична сітка; 8 — гранулярна ендоплазматична сітка; 9 — ядерце; 10 — ядро; 11 — апарат Гольджі; 12 — плазматична мембрана; 13 — клітинна стінка

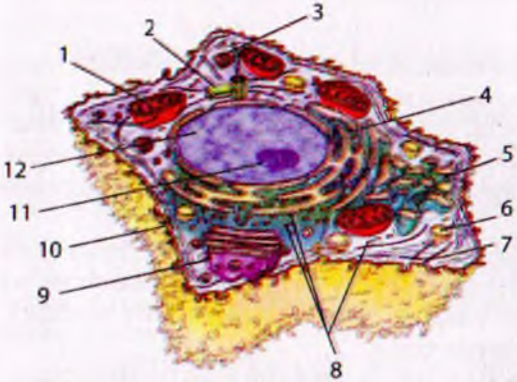
4. Зробіть висновки.

Завдання 2. Вивчення клітин тварин.

1. Приготуйте препарат епітелію шкіри жаби. З поверхні шкіри жаби час від часу цілими клаптями злущується білувата тонка плівочка, що складається з одного або двох шарів змертвілих клітин епітелію. Ця плівка завжди є в акваріумі, де утримують жаб. Невеликий шматочок плівочки (близько 0,5 см^2) помістіть у краплину води на предметне скло, розправте препарувальними голками від складок та накрийте накривним склом. Зафарбуйте плівку метиленовою зеленню з метановою кислотою. Після фарбування краще видно ядра клітин.

Замість препарату епітелію шкіри жаби можна зробити препарат епітелію людини. Для цього слід провести стерилізованою скляною паличкою по внутрішній поверхні щоки, перенести зіскребок на предметне скло та отримати в краплині слини препарат епітелію ротової порожнини.

❷ Замалюйте клітини, які ви розглянули під мікроскопом. Порівняйте побачене під мікроскопом з малюнком.



Будова тваринної клітини: 1 — мітохондрія; 2 — центріоль; 3 — пероксисома; 4 — гранулярна ендоплазматична сітка; 5 — гладенька ендоплазматична сітка; 6 — лізосома; 7 — цитоскелет; 8 — рибосоми; 9 — апарат Гольджі; 10 — плазматична мембрана; 11 — ядерце; 12 — ядро

❸ Зробіть висновки.

Завдання 3. Вивчення клітин бактерій.

❶ Приготуйте препарат клітин бактерій. Для цього стерилізованою скляною або дерев'яною паличкою зіскребіть із поверхні зубів біля ясен наліт, що містить бактерії, перенесіть його на предметне скло та накрийте накривним склом.

❷ Розгляньте препарат спочатку при малому, а потім при великому збільшенні.

❷ Замалюйте клітини та їх частини, які ви побачили під мікроскопом.

❹ Зробіть висновки.

Завдання 4. Вивчення клітин грибів.

❶ Приготуйте препарат клітин грибів. Для цього необхідно зібрати плісняву білого кольору зі шматочка хліба або овочів — міцелій гриба мукора — і помістити її на предметне скло та накрити накривним склом.

❷ Розгляньте препарат спочатку при малому, а потім при великому збільшенні.

❷ Замалюйте клітини та їх частини, які ви побачили під мікроскопом.

❹ Зробіть висновки.

§ 18. Клітинні мембрани. Транспортування речовин через мембрани. Поверхневий апарат клітини, його функції

Клітинні мембрани

Біологічні мембрани — це тонкі суміжні структури молекулярних розмірів, розташовані на поверхні клітин і субклітинних частин, а також канальців та пухирців, що пронизують протоплазму. Найважливішою функцією біологічних мембран є регулювання транспортування йонів, моносахаридів, амінокислот та інших продуктів обміну речовин.

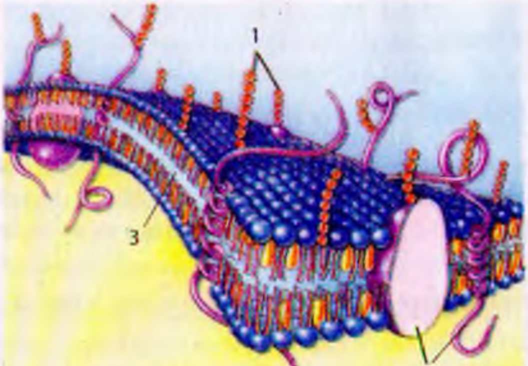
За допомогою електронного мікроскопа та рентгеноструктурного аналізу вченим вдалося показати спільність будови поверхневих клітинних мембран, мембран ендоплазматичної сітки, мітохондрій, клітинних ядер, лізосом, пластид тощо.

В основі будь-якої мембрани лежить подвійний шар фосфоліпідів.

Однак біліпідний шар — це ще не готова мембрана, а лише її основа. Із біліпідним шаром мають зв'язатися білки, які називають **мембранними білками.** Саме мембранні білки визначають багато властивостей мембран. Входять до складу мембран і вуглеводи, що утворюють комплекси з білками або ліпідами.

Сьогодні найбільш визнана рідинно-мозаїчна модель будови мембрани. Згідно з цією моделлю мембрана складається з шару біліпідів, у якому плавають (або закріплені) білкові молекули, утворюючи в ньому своєрідну мозаїку (мал. 18.1).

Будова мембрани відповідає її функціям: транспортній, бар'єрній та рецепторній.



Мал. 18.1. Рідинно-мозаїчна модель будови мембрани: 1 — вуглеводи, що об'єднані з білками; 2 — мембранні білки; 3 — біліпідний шар

Бар'єрна функція. Мембрана є бар'єром, який запобігає надходженню до клітини різних хімічних речовин та інших агентів.

Рецепторна функція. Поверхня мембрани має великий набір рецепторів, що роблять можливими специфічні реакції з різними агентами.

Транспортна функція. Через мембрану іде транспорт йонів і речовин.

Покриваючи клітину й відокремлюючи її від навколишнього середовища, біологічні мембрани забезпечують цілісність клітин та органел. Вона підтримує нерівномірний розподіл йонів Калію, Натрію, Хлору та інших йонів між протоплазмою й навколишнім середовищем. Усередині клітини концентрація йонів Na^+ нижча, ніж ззовні, а йонів K^+ — навпаки. Властивості біологічних мембран значною мірою визначають появу та проведення збудження в нервових і м'язових клітинах.

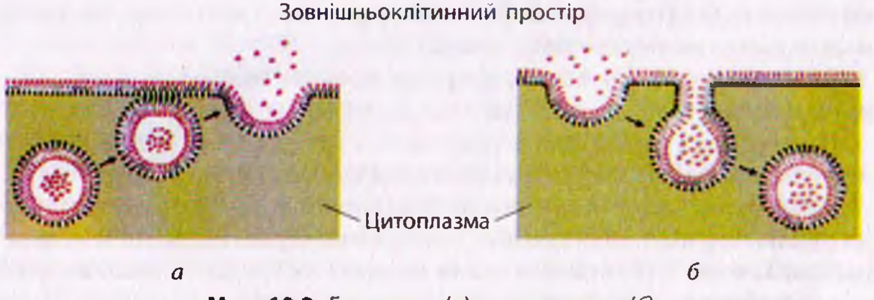
Електричні явища, пов'язані з мембранами, відіграють важливу роль у процесах отримування енергії, передавання сигналів та в інших процесах життєдіяльності.

Особливо важливою мембраною у клітині є **плазмалема** — поверхнева мембрана. Вона виконує бар'єрну, транспортну, рецепторну, сигнальну функції.

Транспортування речовин через мембрани

Існують два активні процеси, за допомогою яких різні матеріали транспортуються через мембрану,— **екзоцитоз** та **ендоцитоз** (мал. 18.2).

Із клітини речовини виводяться за допомогою екзоцитозу — злиття внутрішньоклітинних бульбашок із плазматичною мембраною. Наприклад, щоб секретувати інсулін, клітини, що продукують цей гормон, упаковують його у внутрішньоклітинні пухирці, які зливаються із плазматичною мембраною та відкриваються у зовнішньоклітинний простір, вивільняючи при цьому інсулін (мал. 18.2, *а*).



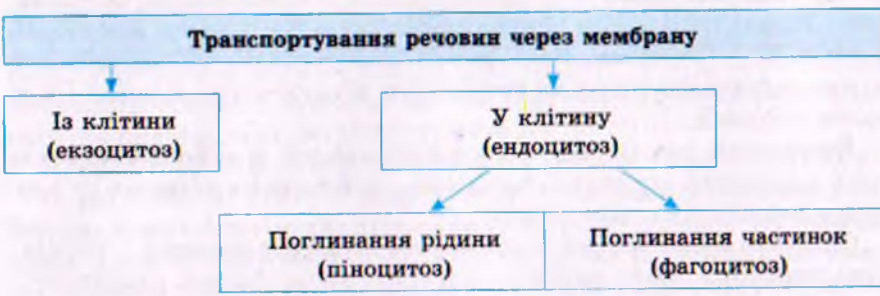
Мал. 18.2. Екзоцитоз (*а*) та ендоцитоз (*б*)

До клітини речовини можуть потрапляти за допомогою ендоцитозу. У процесі ендоцитозу плазматична мембрана утворює увігнутості та вирости, котрі потім, відшаровуючись, перетворюються на пухирці або вакуолі (мал. 18.2, *б*).

Залежно від розміру та вмісту бульбашок, що утворюються, розрізняють два типи ендоцитозу:

— **піноцитоз** — поглинання рідини та розчинених речовин за допомогою невеликих пухирців;

— **фагоцитоз** — поглинання великих частинок, таких як мікроорганізми або залишки клітин.



У випадку фагоцитозу утворюються великі бульбашки, що називаються вакуолями. Завдяки фагоцитозу відбувається поглинання бактерій, великих вірусів, відмерлих клітин організму або чужорідних клітин.

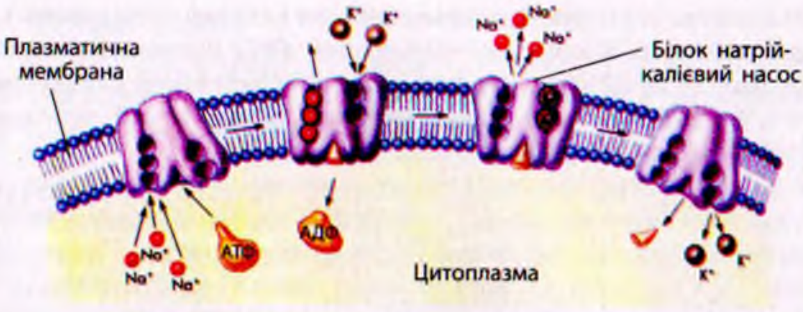
Молекули проходять через мембрани завдяки трьом різним процесам: простій дифузії, полегшеній дифузії, активному транспортуванню.

Проста дифузія — це приклад пасивного транспортування, що проходить із зони з більшою концентрацією молекул до зони з меншою концентрацією. Тобто його напрямок визначається лише різницею концентрацій речовини по обидва боки від мембрани, так званим градієнтом концентрації. Шляхом простої дифузії до клітини проникають неполярні (гідрофобні) речовини, розчинні в ліпідах, та дрібні незаряджені молекули (наприклад, вода).

Однак більшість речовин, необхідних клітинам, переноситься через мембрану за допомогою занурених у неї транспортних білків.

Розрізняють дві основні форми транспортування за допомогою переносників: полегшена дифузія та активне транспортування.

Полегшена дифузія зумовлена градієнтом концентрації, і молекули рухаються відповідно до цього градієнта. Проте якщо молекула заряджена, то на її транспортування впливає як градієнт концентрації, так і мембранний потенціал.



Мал. 18.3. Приклад активного транспортування: натрій-калієвий насос

Активне транспортування — це перенесення розчинених речовин проти градієнта концентрації з використанням енергії АТФ. Енергія необхідна тому, що речовина має рухатися, всупереч своєму природному прагненню рухатися за дифузією, у протилежному напрямку. Прикладом може бути натрій-калієвий насос. За законами дифузії йони Na^+ постійно рухаються всередину клітини, а йони K^+ — з клітини. Порушення необхідної концентрації цих йонів спричиняє загибель клітини. Для запобігання цьому в зовнішній мембрані клітини є спеціальний білок, який транспортує йони Na^+ з клітини, а йони K^+ в клітину проти градієнта концентрації з використанням енергії АТФ (мал. 18.3).

Поверхневий апарат клітини

Будь-який різновид клітин прокаріотів та еукаріотів складається із трьох частин: поверхневого апарату, цитоплазми, ядерного апарату.

Поверхневий апарат клітини виконує три функції, універсальні для всіх різновидів клітин: бар'єрну, транспортну, рецепторну.

Окрім того, в окремих різновидах клітин поряд із загальними функціями він може здійснювати й низку специфічних функцій, притаманних лише даному типу клітин (наприклад, механічна тургорна функція клітинної стінки в рослинних клітинах).

Поверхневий апарат клітин складається з трьох систем: плазматичної мембрани, надмембранного комплексу і субмембранного (тобто підмембранного) опорно-скорочувального апарату.

Плазматична мембрана, або **плазмалема**, — це найбільш постійна, основна, універсальна для всіх клітин система поверхневого апарату. Під нею розташована **субмембранна система**, яка бере участь у трансмембранному транспортуванні та рецепції (сприйняття навколишнього середовища клітини) і є частиною цитоплазми.

Надмембранні структури поверхневого апарату здійснюють взаємодію клітин із зовнішнім середовищем або з іншими клітинами. У процесі еволюції надмембранні структури набувають найважливішого значення і в реалізації інших специфічних функцій: тургорної, механічної, рухової та деяких інших.

У клітин тварин надмембранний комплекс, або **глікокалікс**, перебуваючи в безпосередньому контакті із зовнішнім середовищем, відіграє важливу роль у рецепторній функції клітин. Глікокалікс складається з вуглеводів, він порівняно тонкий і еластичний.

До **похідних надмембранних структур** належить клітинна стінка. Її мають клітини рослин, грибів і бактерій. Клітинна стінка рослин містить целюлозу, грибів — хітин, бактерій — муреїн. Вона достатньо тверда і на відміну від глікокаліксу не стискається.

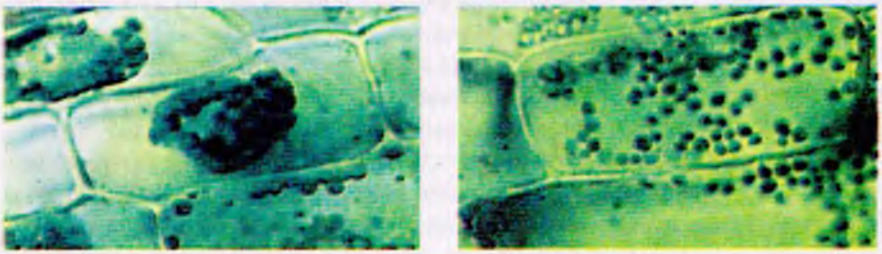
Через клітинну стінку проходить вода, солі, молекули багатьох органічних речовин.

Явище плазмолізу й деплазмолізу в клітинах рослин

Плазмоліз (від грец. *plasma* — виліплене, оформлене та *lysis* — розкладання, розпад) — це відділення цитоплазми від оболонки при зануренні клітини в гіпертонічний, тобто концентрованіший ззовні, розчин (мал. 18.4). Плазмоліз характерний головним чином для рослинних клітин, що мають міцну целюлозну оболонку. Якщо тваринні клітини занурити в гіпертонічний розчин, то вони стискаються.

Іноді плазмолізовані клітини залишаються живими. Якщо занурити такі клітини у воду, у якої концентрація солей нижча, ніж у клітині, відбувається деплазмоліз.

Деплазмоліз — це повернення цитоплазми клітин рослин зі стану плазмолізу у вихідний стан.



Мал. 18.4. Плазмоліз і деплазмоліз під мікроскопом

Опорні точки

Біологічні мембрани — це тонкі суміжні структури, що розташовані на поверхні клітин та субклітинних частинок, а також канальців та бульбашок, що пронизують цитоплазму.

До біологічних функцій мембран належать транспортна, бар'єрна та рецепторна функції. У виконанні цих функцій бере участь також поверхневий апарат клітини, який складається з трьох систем: плазматичної мембрани, надмембранного комплексу, субмембранного комплексу.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості ендоцитозу?
2. Чим активне транспортування через мембрану відрізняється від пасивного?
3. Порівняйте поверхневий апарат клітин рослин і тварин.
4. Порівняйте різні види мембранного транспортування.
5. Як структура мембрани пов'язана з її функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема. Спостереження явища плазмолізу та деплазмолізу в клітинах рослин

Мета: переконатися, що в клітинах рослин відбувається рух цитоплазми, поспостерігати за процесом плазмолізу й деплазмолізу.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметні й покривні стекла, градуйовані піпетки, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9%-й водний розчин натрій хлориду, листок елодеї.

Хід роботи

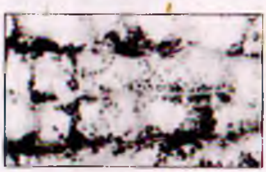
1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Приготуйте предметне скло. За допомогою піпетки нанесіть на нього краплю води.
3. Приготуйте препарат живих клітин листка елодеї: цілий листок елодеї покладіть на предметне скло, накрийте накривним.
4. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа. Знайдіть на препараті тонку ділянку, де добре видно клітини. Розгляньте знайдену ділянку при великому збільшенні. Замалюйте її.

Зверніть увагу на те, що цитоплазма притиснута до клітинних стінок. Клітини перебувають у стані повного насичення водою — стані тургору.

5 Щоб поспостерігати явище плазмолізу — відшарування цитоплазми із включеннями від клітинної стінки, — замініть воду під покривним склом на розчин натрій хлориду. Капніть піпеткою розчин натрій хлориду на край накривного скла, а з іншого боку прикладіть фільтрувальний папір для видалення води з-під накривного скла. Замалюйте побачене. Порівняйте побачене з мікрофотографіями.



Щоб поспостерігати явище деплазмолізу — відновлення об'єму цитоплазми, — замініть розчин натрій хлориду під покривним склом на дистильовану воду. Замалюйте побачене. Порівняйте побачене з мікрофотографіями.



6 Зробіть висновок.

§ 19. Ядро. Будова ядра. Функції ядра

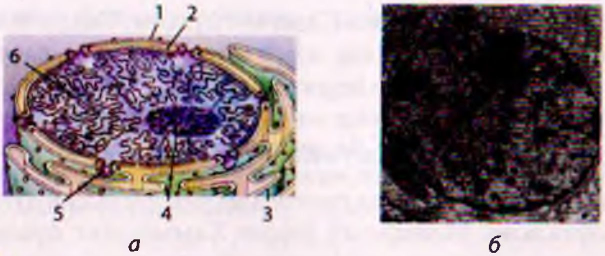
Будова ядра

Ядерний апарат еукаріотичних клітин має низку особливостей. У ньому ДНК-вмісний компонент відокремлений від цитоплазми спеціальною ядерною оболонкою, ДНК у ядрі еукаріотів у тисячі разів більше, ніж у складі нуклеоїдів бактерій, вона утворює складний комплекс із білками, який називають **хроматином**. Хроматин є структурним компонентом **хромосом**. У ядрах не відбувається синтез білків, у них синтезуються лише молекули ДНК й РНК.

Пригадайте

Термін «ядро» вперше використав Роберт Броун у 1833 р. для позначення кулястих постійних структур у клітинах рослин. Пізніше таку саму структуру описали в усіх клітинах еукаріотичних організмів.

У клітині зазвичай одне ядро, але трапляються й багатоядерні клітини. Ядро включає в себе **ядерну оболонку**, що відокремлює його від цитоплазми, **хромосоми**, **ядерце**, **ядерний білковий скелет — матрикс**, **каріоплазму (або ядерний сік)** (мал. 19.1).



Мал. 19.1. Схема будова ядра (*а*): 1 — зовнішня мембрана; 2 — внутрішня мембрана; 3 — мембрани гранулярної ендоплазматичної сітки; 4 — ядерце; 5 — ядерні пори; 6 — хроматин; мікрофотографія (*б*)

Оболонка ядра складається із двох мембран — зовнішньої та внутрішньої. Зовнішня ядерна мембрана з поверхні, зверненої до цитоплазми, має на собі рибосоми, внутрішня мембрана є гладкою. Внутрішня мембрана контактує із хромосомним матеріалом ядра. Ядерна оболонка має пори, через які відбувається транспорт речовин.

Головний компонент ядра — **хроматин** (від грец. *chroma* — забарвлення, колір) — є структурою, що виконує генетичну функцію клітини, він формує хромосоми. Хроматин містить спадкову інформацію про розвиток організму, забезпечуючи її збереження й реалізацію, відіграє керівну роль у життєдіяльності клітини. Хроматин складається із ДНК, об'єднаної з білками. Він може перебувати у двох структурно-функціональних станах: у робочому, коли він бере участь у синтезі нуклеїнових кислот (тоді його не можна побачити у світловий мікроскоп), і в неактивному, коли цей синтез не відбувається, а клітина ділиться (тоді його можна побачити у світловий мікроскоп).

Під час поділу клітини хроматин максимально конденсований та виявляється у вигляді щільних тілець — хромосом. Такі хромосоми не є активними і не беруть участі в синтезі ДНК або РНК.

Ядерце є ділянкою хромосоми, на якій відбувається синтез рибосомних РНК та утворення рибосоми. У ядрах різних клітин, а також у ядрі однієї й тієї самої клітини залежно від її функціонального стану кількість ядерець може коливатися від 1 до 5—7 й більше.

Між усіма компонентами ядра розташований рідкий компонент клітинного ядра — **каріоплазма** (або ядерний сік), у якій відбувається багато біохімічних процесів. У каріоплазмі є вільні нуклеотиди, необхідні для побудови молекул ДНК й РНК, амінокислоти, усі види РНК, а також продукти діяльності ядерця та хроматину, що транспортуються потім у цитоплазму.

Ядро бере участь у збереженні, передаванні та реалізації спадкової інформації, а також у регулюванні процесів обміну речовин, що відбуваються у клітині.

Без'ядерна клітина не може довго існувати, і ядро також не здатне до самостійного існування, тому цитоплазма та ядро утворюють взаємопов'язану й взаємозалежну систему.

Історія відкриття функцій ядра

Значення ядра як сховища генетичного матеріалу було встановлене експериментально. Німецький біолог Хаммерлінг продемонстрував найважливішу роль ядра в експериментах на одноклітинній морській водорості ацетабулярії.

Різні види ацетабулярій відрізняються передусім будовою «шапочки». У середземноморської ацетабулярії, наприклад, «шапочка» кругла й увігнута, а в ацетабулярії Веттштейна вона розсічена на лопаті і схожа на квітку.

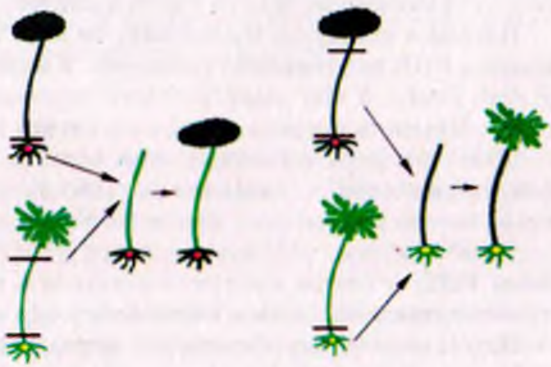
Було проведено такий експеримент: ніжку без «шапочки» від середземноморської ацетабулярії пересадили на ризоїди ацетабулярії Веттштейна. Отримали «вегетативний гібрид». Він швидко надбудував собі «шапочку», і вона виявилася розсіченою на лопаті. Це означало, що саме ядро визначає особливості будови «шапочки» (мал. 19.2).

Опорні точки

Ядро еукаріотичної клітини включає в себе ядерну оболонку, що відділяє його від цитоплазми, хромосоми, ядерце, ядерний білковий скелет — матрикс, каріоплазму (або ядерний сік).

Ядро бере участь у збереженні, передаванні та реалізації спадкової інформації, а також у регулюванні процесів обміну речовин, що відбуваються в клітині.





Мал. 19.2. Схема експерименту на одноклітинній морській водорості ацетабулярії

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконує клітинна оболонка?
2. Що є головним компонентом ядра?
3. Які особливості є характерними для ядерного апарату клітини?
4. Які функції в ядрі виконує ядерце?
5. Чому без'ядерна клітина не може довго існувати?
6. Як хімічний склад хроматину пов'язаний із його функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5*

Тема. Мікроскопічна й ультрамікроскопічна будова ядра

Мета: розглянути мікроскопічну та ультрамікроскопічну будову ядра.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати рослинних і тваринних клітин, на яких можна розглянути мікроскопічну та ультрамікроскопічну будову ядра, фотографії із зображенням мікроскопічної та ультрамікроскопічної будови ядра.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Розгляньте на препаратах основні компоненти ядра: оболонку, хроматин, ядерце, хромосоми. Замалюйте їх. Зробіть висновок про значення цих структур.
3. Розгляньте на фотографії зображення ядерної оболонки з порами. Замалюйте побачене.
4. Зробіть висновок про значення цих структур.

§ 20. Будова клітин прокаріотів. Нуклеоїд прокаріотичних клітин

Прокаріотичні організми

Будова прокаріотичних організмів дуже проста, тому їх виокремлюють у самостійне царство Дроб'янки.

Типові прокаріотичні клітини — це бактерії. Розміри бактеріальних клітин коливаються від 1 до 10—15 мкм. За формою виділяють кулясті клітини — коки, витягнуті — палички, або бацили, та звиті — спірили. Існують і інші форми бактерій (мал. 20.1).



Мал. 20.1. Різноманітні форми бактерій

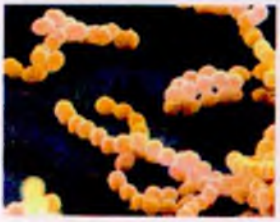
Залежно від того, до якого виду належать мікроорганізми, вони існують або окремо, або утворюють характерні скупчення. Наприклад, стрептокок (мал. 20.2), що спричиняє запальні захворювання в людини й тварин, утворює ланцюги з декількох бактеріальних клітин; стафілокок, що уражає дихальні шляхи в дітей, існує у вигляді утворень, які нагадують виноградне гроно (мал. 20.3). За характером таких скупчень бактеріальних клітин і за особливостями їхньої життєдіяльності мікробіологи можуть визначити, до якого виду належить мікроорганізм.

Стафілококи є повсюдно поширеними мікроорганізмами, частина з них живе на шкірі й слизових оболонках, не спричиняючи негативних наслідків. Захворювання у людини найчастіше зумовлюють патогенні види, часто стійкі до антибіотиків.

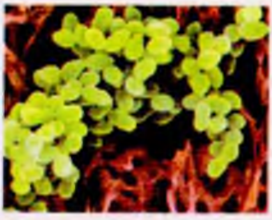
Для багатьох прокаріотів характерним є **спороутворення**. Спори утворюються, як правило, через брак поживних речовин або накопичення в середовищі надлишків продуктів обміну речовин. Спора оточена клітинною стінкою, часто багатошаровою. Процеси життєдіяльності всередині спор практично припиняються (мал. 20.4).

Дізнайтеся більше

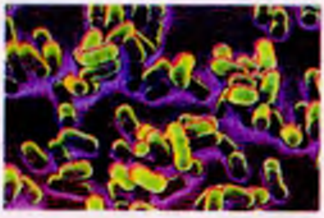
Спори бактерій у сухому стані дуже стійкі. У такому стані вони зберігають життєздатність багато сотень і навіть тисячі років, витримуючи різкі коливання температури.



Мал. 20.2. Стрептококи



Мал. 20.3. Стафілококи



Мал. 20.4. Спори бактерій

Будова клітин прокаріотів

Клітини прокаріотів мають клітинну стінку. Вона надає клітині певної форми, захищає її вміст від впливу несприятливих умов середовища та виконує низку інших функцій. Основу клітинної стінки бактерій, як і всіх прокаріотів, становить полісахарид **муреїн**.

Усередині бактеріальної клітини осмотичний тиск у декілька разів, а іноді й у десятки разів вищий, ніж у зовнішньому середовищі. Тому клітина швидко розірвалась би, якби не була захищена такою міцною структурою, як клітинна стінка.

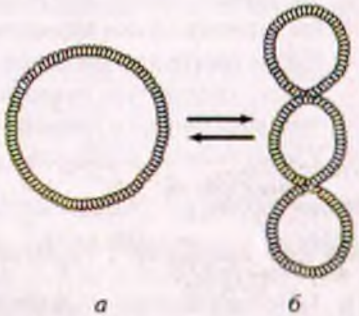
Багато видів бактерій оточені слизовою капсулою, яка служить додатковим захистом для клітин. Товщина капсули може в багато разів перевищувати діаметр самої клітини, а іноді вона настільки тонка, що її можна побачити лише завдяки електронному мікроскопу. Капсула не є обов'язковою частиною клітини, вона утворюється залежно від умов, у які потрапляє бактерія. Вона служить захисним покривом та бере участь у водному обміні, запобігаючи висиханню клітини. За хімічним складом капсули найчастіше є полісахаридами.

Бактерії часто мають органоїди руху — джгутики, кількість яких може бути від 1 до 50 (мал. 20.5). В одних бактерій джгутики розташовані на одному кінці клітини, в інших — на двох або на всій поверхні. Спосіб розташування джгутиків є однією з характерних ознак при класифікації рухомих форм бактерій.

У цитоплазмі водних і ґрунтових бактерій, які не мають джгутиків, є газові вакуолі. Регулюючи кількість газу у вакуолях, водні бактерії можуть занурюватись у товщу води або підніматися на її поверхню, а ґрунтові — пересуватися в капілярах ґрунту.



Мал. 20.5. Різні бактерії з джгутиками



Мал. 20.6. Кільцева молекула ДНК, розташована у нуклеоїді (*а*), може додатково спіралізуватися (*б*)

У цитоплазмі клітин бактерій часто містяться гранули різної форми та розмірів. Це запасні речовини — полісахариди (наприклад крохмаль, глікоген), жири, поліфосфати, сірка. Ці речовини, включаючись в обмінні процеси, можуть підтримувати життя клітини за відсутності зовнішніх джерел енергії.

Нуклеоїд прокаріотичної клітини

Спадкова інформація прокаріотів міститься в **нуклеоїді.** «Нуклеоїд» означає «подібний до ядра». У ньому розташована велика кільцева дволанцюгова молекула ДНК, довжина якої у 700—1000 разів перевищує довжину самої клітини (мал. 20.6). Нуклеоїд не має мембрани, ядерця та набору хромосом. Фактично це частина цитоплазми, де розташована кільцева ДНК. Крім того, у більшості прокаріотів у цитоплазмі є ще й дрібні кільцеві молекули ДНК, що мають назву **плазмід.**

У бактерій ДНК упакована менш щільно, на відміну від ДНК справжніх ядер.

Опорні точки

Прокаріотичні організми давні та малі за розмірами. Клітини прокаріотів оточені клітинною стінкою. Багато видів бактерій мають зовні слизову капсулу, що служить захисним покривом клітини й бере участь у водному обміні, захищаючи клітину від висихання.

Основна особливість будови прокаріотів — це відсутність ядра та наявність нуклеоїду, що виконує його функції.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які функції виконує клітинна стінка прокаріотів?
2. Які характеристики прокаріотів є важливими для їх класифікації?
3. Що ви знаєте про органели руху прокаріотів?
4. • Із чого складається нуклеоїд прокаріотичних клітин?
5. • Чим відрізняються грампозитивні та грамнегативні бактерії?
6. •• У чому полягає подібність і відмінності прокаріотичних та еукаріотичних клітин?

Теми для проектної і групової роботи

1. Історія вивчення клітини.
2. Сучасні методи цитологічних досліджень (на вибір учнів).
3. Практичне значення цитологічних досліджень (на вибір учнів).

Тема 2. Цитоплазма та її компоненти

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- мембранні і немембранні органели еукаріотичної клітини та їхні функції;
- процеси синтезу білка;
- процеси гліколізу і клітинного дихання;
- процес фотосинтезу.

Навчитеся:

- характеризувати цитоплазму, її складові;
- пояснювати значення гліколізу, фотосинтезу, клітинного дихання;
- застосовувати знання про вплив факторів зовнішнього середовища на клітини для профілактики захворювань людини.

§ 21. Цитозоль (гіалоплазма), органели, включення

Цитозоль (гіалоплазма)

Цитоплазма — це позаядерна частина клітини живих організмів. **Цитозоль (гіалоплазма)** — це частина цитоплазми, що займає простір між мембранними органелами. Зазвичай цей простір займає близько половини загального об'єму клітини.

До складу цитозоля входять рибосоми, ферменти та інші білки. Оскільки білки становлять близько 20 % маси цитозоля, правильніше буде уявляти його як високоорганізований гель, а не як розчин ферментів.

Цитоплазма постійно рухається, перетікає всередині живої клітини, пересуваючи разом із собою різні речовини, включення та органоїди. Цей рух називається **циклозом**. У мертвих клітинах циклоз припиняється.

Цитоплазма здатна до росту та відтворення і за умови часткового видалення може відновлюватися. Однак нормально функціонує цитоплазма тільки в присутності ядра. Без нього цитоплазма довго існувати не може, так само як і ядро без цитоплазми (мал. 21.1).

Найважливіша роль цитоплазми полягає в об'єднанні всіх клітинних структур та забезпеченні їх хімічної взаємодії. Адже саме в цитоплазмі відбувається більшість процесів життєдіяльності клітини.



Мал. 21.1. Особливо важливу роль цитоплазма відіграє у яйцеклітині, визначаючи разом із ядром майбутній розвиток зиготи

Органели і включення

Органелами називаються структури клітини, які постійно в ній присутні, мають певну будову, місцерозташування та виконують певні функції.

Органели, постійно присутні в усіх клітинах, називають **органелами загального значення**. Інші органели присутні лише в деяких клітинах у зв'язку з виконанням певних специфічних для тих клітин функцій. Такі органели називаються **органелами спеціального значення**.

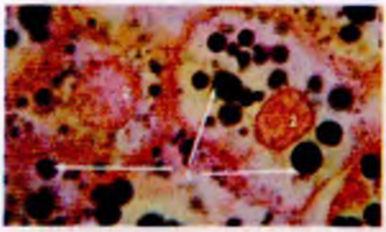
Органели цитоплазми за будовою поділяються на мембранні та немембранні.

Органели

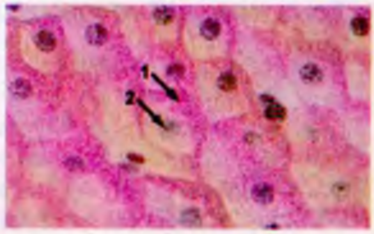
- **Мембранні**
  - **Двомембранні**
    - ядро
    - мітохондрії
    - пластиди:
      - — хромопласти
      - — лейкопласти
      - — хлоропласти
  - **Одномембранні**
    - ендоплазматична сітка
    - апарат Гольджі
    - лізосоми
    - пероксисоми
    - плазмалема
- **Немембранні**
  - цитоскелет
  - хромосоми
  - рибосоми
  - клітинний центр

Мембранні органели є замкненими компартаментами (відсіками), обмеженими мембраною. Немембранні органели не є клітинними компартаментами й мають іншу будову.

Включення цитоплазми — це необов'язкові компоненти клітини, що виникають та зникають залежно від активності обміну речовин у клітині (мал. 21.2, 21.3).



Мал. 21.2. Жирові включення в клітинах печінки: 1 — жирові включення (чорні кульки); 2 — ядра клітин



Мал. 21.3. Клітини печінки: 1 — включення глікогену (червоне забарвлення); 2 — ядро клітини

Виділяють кілька видів включень.

Включення цитоплазми

Трофічні

До **трофічних включень** належать краплинки нейтральних жирів, що можуть накопичуватися у цитоплазмі та використовуватися за необхідності. Іншим видом трофічних включень є глікоген — полісахарид, який також може відкладатися в гіалоплазмі.

Секреторні

Секреторні включення — зазвичай округлі утворення різних розмірів, що містять біологічно активні речовини, які утворюються в клітинах у процесі життєдіяльності.

Екскреторні

Екскреторні включення не містять будь-яких ферментів або інших активних речовин. Зазвичай це продукти обміну речовин, що підлягають видаленню із клітини.

Пігментні

Пігментні включення — це каротин, пилові частинки, барвники, гемоглобін, меланін. Їх наявність у цитоплазмі може змінювати колір тканини чи органа тимчасово або постійно.

Опорні точки

Цитозоль (гіалоплазма) — це частина цитоплазми, що займає простір між мембранними органелами. Вона об'єднує ці органели і забезпечує їхню взаємодію.

Органелами називаються структури, які постійно присутні в клітині, мають певну будову, місцерозташування й виконують певні функції.

Включення цитоплазми — це необов'язкові компоненти клітини, що виникають та зникають залежно від активності обміну речовин у клітині.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Із чого складається цитозоль?
2. Які включення є у клітинах і яку роль вони виконують?
3. Що називається циклозом?
4. Чи здатна цитоплазма функціонувати за умови відсутності ядра?
5. Чим мембранні органели відрізняються від немембранних?
6. Які критерії застосовують цитологи для класифікації органел?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема. Рух цитоплазми в клітинах рослин

Мета: переконатися, що в клітинах рослин відбувається рух цитоплазми.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметне та накривне стекла, пінцети, препарувальні голки, фільтрувальний папір, дистильована вода, 9%-й розчин натрій хлориду, листок елодеї.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Приготуйте препарат живих клітин листка елодеї. Для цього цілий листок елодеї покладіть на предметне скло у краплину води, накрийте його накривним склом.
3. Розгляньте препарат при малому збільшенні мікроскопа. Знайдіть на препараті тонку ділянку, де добре видно клітини. Розгляньте цю ділянку при великому збільшенні. Замалюйте її.
4. Зверніть увагу на те, що цитоплазма притиснута до клітинних стінок. Клітини перебувають у стані повного насичення водою — у стані тургору. При великому збільшенні мікроскопа можна побачити рух цитоплазми та хлоропластів. Якщо треба, можна підігріти препарат до +38—40 °С, уводячи під накривне скло теплу воду або поклавши його на декілька хвилин під увімкнену настільну лампу.
5. Замалюйте схему руху хлоропластів.
6. Зробіть висновки.

§ 22. Немембранні органели: цитоскелет. Клітинний центр. Рибосоми

Цитоскелет і органели руху

Цитоскелет — це клітинний каркас, або скелет, розташований у цитоплазмі живої клітини. Він присутній у клітинах і еукаріотів, і прокаріотів. Функціями цитоскелета є підтримування й адаптація форми клітини до зовнішніх впливів, участь в екзоцитозі та ендоцитозі, забезпечення руху клітини як цілого, активне внутрішньоклітинне транспортування та клітинний поділ.

Цитоскелет утворений білками. Він складається з трьох основних компонентів: мікрофіламентів, проміжних філаментів, мікротрубочок (мал. 22.1).

Мікрофіламенти — це тонкі білкові нитки діаметром 5—8 нм, що містяться практично в усіх типах клітин.

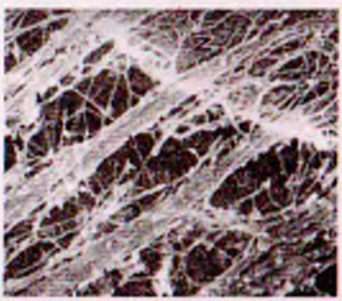
Залежно від хімічного складу мікрофіламенти можуть виконувати функції цитоскелета і брати участь у забезпеченні руху. Мікрофіламенти є внутрішньоклітинними скоротливими апаратами, що забезпечують рухомість клітин під час пересування.

Мікротрубочки є порожнистими циліндрами діаметром 25 нм. Вони відіграють важливу роль у внутрішньоклітинному транспортуванні та поділі клітин. У цитоплазмі мікротрубочки утворюють веретено клітинного поділу. Мікротрубочки також входять до складу центріолі, є основними структурними елементами війок і джгутиків.

Важливе функціональне значення мікротрубочок цитоплазми полягає також у створенні еластичного і водночас стійкого внутрішньоклітинного каркаса (цитоскелета), необхідного для підтримування форми клітини.



а



б

Мал. 22.1. Цитоскелет клітини: *а* — модель; *б* — мікрофотографія

Проміжні філаменти забезпечують механічну міцність клітин, їх відростків, беруть участь в утворенні міжклітинних контактів.

Війки та джгутики — це спеціальні органели руху, що є в деяких клітинах. У світловому мікроскопі ці органели мають вигляд тонких виростів клітин. Довжина війок — 5—10 мкм, а довжина джгутиків може сягати 150 мкм.

Вільні клітини, що мають війки та джгутики, здатні рухатися, а нерухомі клітини рухом війок можуть переміщати рідину й дрібні частинки.

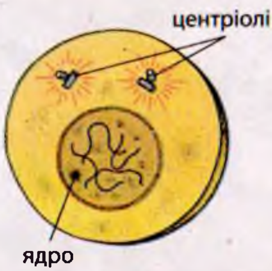
Клітинний центр

Клітинний центр (мал. 22.2) є універсальною немембранною органелою еукаріотичних клітин. Він представлений центросомою — щільною частинкою розміром близько 0,7 мкм та центросферою — білковими нитками, що розходяться від центросоми, — мікротрубочками.

До складу клітинного центру входять дві центріолі. Кожна центріоль — це циліндр розміром близько 1 мкм, по колу якого розташовані дев'ять триплетів мікротрубочок (мал. 22.3). Центріолі розташовуються під прямим кутом одна до одної.

Клітинний центр відіграє важливу роль в організації цитоскелета, оскільки цитоплазматичні мікротрубочки розходяться в усі боки з цієї ділянки.

Під час підготовки клітин до поділу відбувається подвоєння центріолей. Центріолі розходяться, і поряд із кожною шляхом самозбирання формується нова центріоль. Від центріолей тягнуться мікротрубочки, що утворюють веретено поділу. Частина ниток веретена прикріплюється до хромосом.



Мал. 22.2. Клітинний центр



а



б

Мал. 22.3. Центріоль: *а* — модель; *б* — мікрофотографія

Власна функція центріолей полягає в тому, що вони необхідні для формування джгутиків і війок. Після руйнування центріолі не поновлюються, і клітина втрачає здатність утворювати ці органели руху. У клітинах вищих рослин центріолі відсутні, тому в них немає джгутиків або війок.

Рибосоми*

Рибосома — це органела, на якій відбувається синтезування білка. На відміну від інших органел, рибосом у клітині величезна кількість, оскільки клітині необхідно синтезувати багато білків.

Група, що включає до кількох десятків рибосом, які поєднанні з однією іРНК, називається **полісомою**.

У мітохондріях і хлоропластах є рибосоми, менші за розмірами, ніж ті, що містяться в цитоплазмі.

Характеристика рибосом подана у табл. 4.

Таблиця 4

Характеристика рибосом

Дата відкриття	1953 р.
Для яких організмів характерні	Містяться в клітинах усіх живих організмів
Форма	Мікроскопічні тільця округлої форми
Діаметр	15—20 нм
Будова однієї рибосоми	Кожна рибосома складається із двох неоднакових за розмірами частинок: малої та великої субодиниць (мал. 22.4)
Кількість в одній клітині	Багато тисяч
Наявність мембрани	Ні, це немембранна органела
Розташування в клітині	На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки або вільно в цитоплазмі, усередині мітохондрій та пластид
Хімічний склад	Білки та рРНК. Мала субодиниця — 1 молекула рРНК і 20 молекул білка, велика — 3 рРНК і 35 молекул білка
Функції	Синтезування білка
Місце, де синтезується рРНК	Ядерце
Місце, де утворюються субодиниці	Ядерце



Мал. 22.4. Будова рибосоми

Опорні точки

Цитоскелет — це клітинний скелет, розташований у цитоплазмі живої клітини. Функціями цитоскелета є підтримування та пристосування форми клітини до зовнішнього впливу, участь в екзоцитозі та ендоцитозі, забезпечення руху клітини як цілого, активне внутрішньоклітинне транспортування та поділ клітини.

Клітинний центр є універсальним немембранним органоїдом усіх еукаріотичних клітин, він відіграє важливу роль в організації цитоскелета.

Рибосоми — це немембранні органели, що беруть участь у синтезі білка.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Яким є хімічний склад рибосом?
2. Які функції виконує цитоскелет?
3. Чи є центріолі в клітинах вищих рослин?
4. Які немембранні структури беруть участь у внутрішньоклітинному транспортуванні та поділі клітин?
5. Які немембранні структури беруть участь в організації цитоскелета?
6. Як структури цитоскелета пов'язані з його функціями?

§ 23. Синтез білків

Обмін речовин у клітині

Клітина — це відкрита система, якій властивий обмін речовин та енергії. У клітинах безперервно відбуваються процеси біологічного синтезу. За допомогою ферментів із простих низькомолекулярних речовин утворюються складні високомолекулярні сполуки: з амінокислот синтезуються білки, з моносахаридів — складні вуглеводи, з нітратних основ, моносахаридів і залишків ортофосфатної кислоти — нуклеотиди, а з них — нуклеїнові кислоти.

Сукупність реакцій біосинтезу, які відбуваються з поглинанням енергії, називається **пластичним обміном (асиміляцією, або анаболізмом)**.

Процес, протилежний синтезу, називається дисиміляцією. Дисиміляція (енергетичний обмін, або катаболізм) — це розщеплення органічних сполук, при якому виділяється енергія, необхідна для реакцій біологічного синтезу.

Процеси обміну речовин забезпечують постійність внутрішнього середовища організму в мінливих умовах існування.

Усі процеси обміну речовин у клітині відбуваються під генетичним контролем. **Синтез білків** — це процес реалізації спадкової інформації на основі генетичного коду.

Характеристика генетичного коду

Генетичний код — це спосіб запису послідовності амінокислот у білку за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах. Генетичний код має низку особливостей: він є триплетним, однозначним, виродженим, тобто надлишковим, та універсальним.

Триплетність генетичного коду означає, що одну амінокислоту кодує послідовність із трьох нуклеотидів. Таку послідовність називають **кодоном**, або **триплетом**.

Генетичний код є **однозначним**, кожен триплет кодує тільки одну певну амінокислоту, а генетична інформація зчитується лише одним способом. Триплети УАА, УАГ, УГА не кодують амінокислот. Їх називають стоп-кодонами, кожен із них означає припинення синтезу поліпептидного ланцюга. Триплет АУГ позначає місце, де починає синтезуватися наступний поліпептидний ланцюг. Але в середині ланцюга він кодує метіонін.

Генетичний код є **виродженим**, тому що одна амінокислота може кодуватися декількома триплетами. Наприклад, амінокислоту аланін кодують триплети ЦГА, ЦГГ, ЦГТ, ЦГЦ.

Генетичний код однаковий у всіх живих організмів, що існують на Землі, тому він і вважається **універсальним**. Молекули ДНК у різних організмів є різними, але спосіб запису спадкової інформації за допомогою послідовності нуклеотидів у нуклеїнових кислотах — однаковий.

У результаті багатьох лабораторних досліджень учені склали таблицю генетичного коду (табл. 5).

У таблиці в першому стовпчику подано першу основу триплету (у дужках для ДНК, без дужок — для РНК), котрий кодує ту чи іншу амінокислоту, у другому — другу основу, у третьому — третю. Закодовані назви амінокислот: аланін (Ала), аргінін (Арг), аспарагін (Асн), аспарагінова кислота (Асп), валін (Вал), гістидин (Гіс), гліцин

(Глі), глутамін (Глн), глутамінова кислота (Глу), ізолейцин (Іле), лейцин (Лей), лізин (Ліз), метіонін (Мет), пролін (Про), серин (Сер), тирозин (Тир), треонін (Тре), триптофан (Три), фенілаланін (Фен), цистеїн (Цис).

Наприклад, амінокислота валін кодується чотирма триплетами в молекулі ДНК: ЦАА, ЦАГ, ЦАТ, ЦАЦ, а амінокислота триптофан — тільки одним — АЦЦ.

Таблиця 5

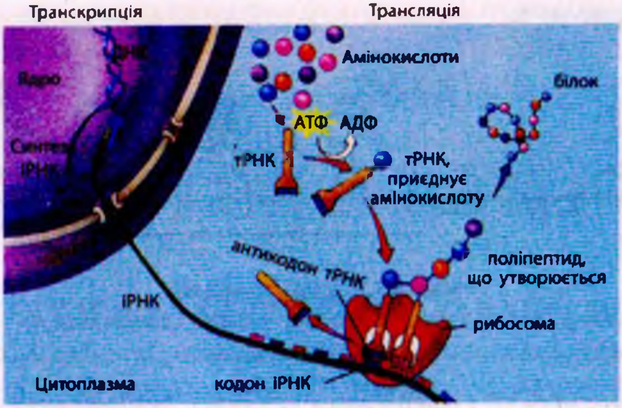
Генетичний код

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
У (А)	Фен Фен Лей Лей	Сер Сер Сер Сер	Тир Тир Стоп Стоп	Цис Цис Стоп Три	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
Ц (Г)	Лей Лей Лей Лей	Про Про Про Про	Гіс Гіс Глн Глн	Арг Арг Арг Арг	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
А (Т)	Іле Іле Іле Мет	Тре Тре Тре Тре	Асн Асн Ліз Ліз	Сер Сер Арг Арг	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)
Г (Ц)	Вал Вал Вал Вал	Ала Ала Ала Ала	Асп Асп Глу Глу	Глі Глі Глі Глі	У (А) Ц (Г) А (Т) Г (Ц)

Етапи синтезу білка

Для того щоб синтезувався білок, інформація про послідовність амінокислот у його первинній структурі має бути доставлена до рибосом (мал. 23.1). Цей процес проходить у два етапи — етап транскрипції та етап трансляції.

Перший етап синтезу білка — **транскрипція**. Транскрипція — це процес синтезу всіх типів РНК, що відбувається в ядрі клітини на матриці — молекулі ДНК за принципом комплементарності: тиміну ДНК комплементарний аденін РНК, цитозину ДНК — гуанін РНК, гуаніну ДНК — цитозин РНК. Оскільки в РНК замість тиміну присутня нітратна основа урацил, то аденіну ДНК комплементарний урацил РНК.



Мал. 23.1. Загальна схема синтезу білка

У процесі транскрипції ДНК передає закодовану в ній послідовність амінокислот білкової молекули інформаційній РНК.

Другий етап синтезу білка — **трансляція**. У процесі трансляції інформація, що міститься в іРНК, реалізується. Синтезується відповідний білок.

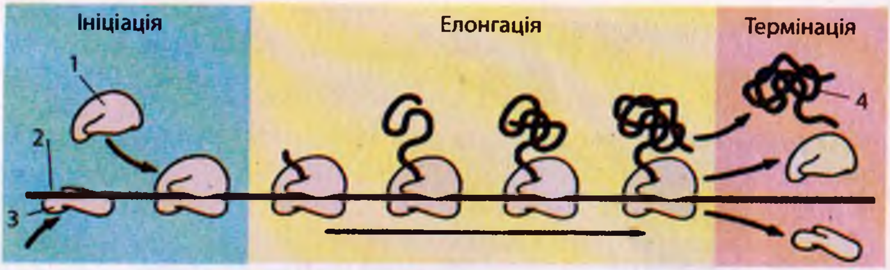
Білоксинтезуюча система клітини включає інформаційну РНК, набір із 20 амінокислот, що входять до складу молекули білка, транспортні РНК, які виконують функцію трансляційних посередників, набір ферментів, рибосоми.

Стадії трансляції

Трансляція відбувається у три стадії: ініціації, елонгації і термінації (мал. 23.2).

Стадія ініціації (початок синтезу) починається зі з'єднання іРНК з малою субодиницею рибосоми (мал. 23.1). Саме іРНК виступає матрицею для синтезу білка. У цитоплазмі на один із кінців іРНК «сідає» рибосома, і починається синтез поліпептидного ланцюга.

Стадія елонгації (продовження синтезу). На початку елонгації до рибосоми підходять дві перші тРНК, які транспортують амінокислоти, і утворюється перший пептидний зв'язок між амінокислотами. Після цього відбувається переміщення рибосоми відносно іРНК, іде послідовне нарощування поліпептидного ланцюга по одній амінокислоті в суворій відповідності до порядку кодонів у молекулі іРНК. Рибосома переміщується по молекулі іРНК не плавно, а поривчасто, триплет за триплетом. У міру переміщення рибосоми по молекулі іРНК до поліпептидного ланцюга одна за одною приєднуються амінокислоти, що відповідають триплетам іРНК. Точна відповідність амінокислоти коду триплету іРНК забезпечується антикодоном тРНК.



Мал. 23.2. Стадії трансляції:
1 — велика субодиниця; 2 — іРНК; 3 — мала субодиниця; 4 — білок

Стадія термінації (завершення синтезу). Нарощування поліпептидного ланцюга триває доти, доки на шляху рибосоми не трапиться один зі стоп-кодонів іРНК (УАА, УАГ, УГА). У ділянці цих триплетів відбувається розрив зв'язку між пептидом і останньою тРНК і вивільняється готовий білок.

Синтез білка закінчується формуванням відповідної структури білка — первинної, вторинної, третинної або четвертинної.

Синтезовані білки спочатку накопичуються в каналах і порожнинах ендоплазматичної сітки, а потім транспортуються до органел і ділянок клітин, де вони використовуються.

Ендоплазматична сітка і рибосоми, розміщені на її мембранах, є єдиним апаратом синтезу і транспортування білків.

Опорні точки

Синтез білків — це процес реалізації спадкової інформації, який відбувається у два етапи (трансляція і транскрипція).

Транскрипція — це процес синтезу всіх типів РНК, який відбувається у ядрі клітини на матриці — молекулі ДНК. У процесі трансляції інформація, що міститься в іРНК, реалізується і синтезується відповідний білок.

Для синтезу білка необхідні рибосоми, іРНК, тРНК, амінокислоти, ферменти, молекули АТФ тощо.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке генетичний код?
2. Які етапи синтезу білка ви знаєте?
3. Яку роль у синтезі білка відіграють тРНК?
4. Яку роль у синтезі білка відіграють іРНК?
5. Які компоненти входять у білоксинтезуючу систему клітини?
6. Як взаємопов'язані процеси транскрипції і трансляції?
7. Як взаємопов'язані процеси асиміляції та дисиміляції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Розв'язання елементарних вправ із трансляції

Для розв'язання деяких вправ знадобиться таблиця генетичного коду.

1. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть послідовність амінокислотних залишків у молекулі білка, яка була синтезована на іРНК з такою послідовністю нуклеотидів:
   УУУ ГУУ ГЦУ ГГА ГАЦ ГГГ ЦГУ УЦУ УАУ УГУ ГАУ ГАЦ УАА
2. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть послідовність амінокислотних залишків у білку, що кодується геном із такою послідовністю нуклеотидів:
   ТТГ ГГЦ ЦЦЦ ГАГ ТАГ АЦЦ ЦГА ГГГ ЦЦЦ ААА ГТТ ЦТА АТТ
3. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть можливу послідовність нуклеотидів у гені, який кодує пептид із такою послідовністю залишків амінокислот:
   Арг-Фен-Мет-Сер-Тре-Лей-Тир-Цис-Ала-Вал-Арг
4. Користуючись таблицею генетичного коду, напишіть антикодони тих тРНК, які будуть потрібні для синтезу пептиду з такою послідовністю залишків амінокислот:
   Глі-Асп-Асн-Глн-Глу-Вал-Фен-Мет-Тир
5. Яка кількість амінокислот входитиме до складу білка, який кодується геном, що складається із 1290 нуклеотидів?
6. З якої кількості нуклеотидів складатиметься ген, який кодує білок, що складається із 576 амінокислотних залишків?

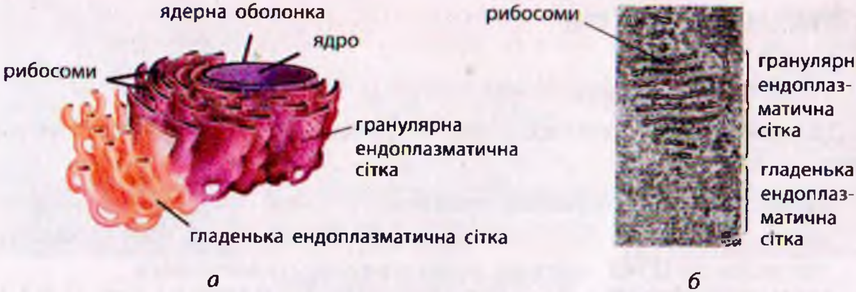
§ 24. Одномембранні органели: ендоплазматична сітка, апарат Гольджі, лізосоми, вакуолі

Ендоплазматична сітка

Уся внутрішня зона цитоплазми заповнена численними дрібними каналами і порожнинами, ці канали розгалужуються, з'єднуються один з одним й утворюють сітку, яка дістала назву **ендоплазматична сітка**.

Відомі дві її структури — **гранулярна** і **гладенька** (мал. 24.1). На мембранах каналів і порожнин гранулярної сітки розміщується велика кількість рибосом, які й надають мембранам шорсткого вигляду.

Мембрани гладенької ендоплазматичної сітки не несуть рибосом на своїй поверхні.



Мал. 24.1. Ендоплазматична сітка: гладенька і гранулярна: схема (*а*) й мікрофотографія (*б*)

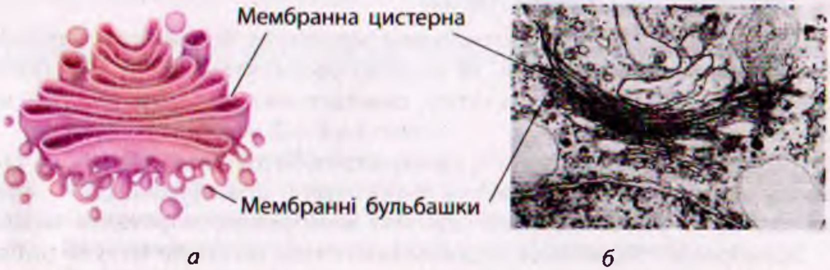
Основна функція гранулярної ендоплазматичної сітки — участь у синтезі і транспортуванні білка. Гладенька ендоплазматична сітка — це місце синтезу і транспортування ліпідів і вуглеводів.

Апарат Гольджі

Апарат Гольджі — це універсальний мембранний органоїд еукаріотичних клітин, відкритий у 1898 р. італійським дослідником К. Гольджі (мал. 24.2). Детальна будова апарату Гольджі була описана нобелівським лауреатом Дж. Паладе на початку 50-х рр. XX ст.

До складу цього органоїда входять: мембранні цистерни, мембранні бульбашки і мембранні трубочки. Основу апарату Гольджі становлять мембранні цистерни, вони ізольовані одна від одної.

По каналах ендоплазматичної сітки до апарату Гольджі транспортуються продукти синтетичної діяльності клітини — білки, вуглеводи й жири. Усі ці речовини спочатку накопичуються в апараті Гольджі, а потім у вигляді великих і дрібних бульбашок надходять у цитоплазму й використовуються самою клітиною або виводяться з неї і використовуються в організмі.



Мал. 24.2. Будова апарату Гольджі: схема (*а*), мікрофотографія (*б*)

Ще одна важлива функція цього органоїда полягає в тому, що на його мембранах відбувається синтез жирів і вуглеводів (полісахаридів).

Завдяки діяльності апарату Гольджі відбувається також оновлення і ріст плазматичної мембрани. В апараті Гольджі утворюються лізосоми.

Лізосоми та пероксисоми

Лізосоми (від грец. *lysis* — розкладання, розпад і *soma* — тіло) є невеликими круглими тільцями (мал. 24.3). Від цитоплазми кожна лізосома відмежована мембраною. Усередині лізосоми є ферменти, що розщеплюють білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти.

Лізосоми підходять до поживної частинки, що надійшла в цитоплазму, зливаються з нею, утворюючи травну вакуолю. Маючи здатність активно перетравлювати поживні речовини, лізосоми беруть участь у видаленні частин клітини, цілих клітин та органів, що відмирають у процесі життєдіяльності.

Утворення нових лізосом відбувається у клітині постійно. Ферменти, що містяться в лізосомах, як і будь-які інші білки, синтезуються на рибосомах цитоплазми. Потім ці ферменти транспортуються по ендоплазматичних каналах до апарату Гольджі, у порожнинах якого формуються лізосоми.

Лізосоми були відкриті у 1955 р. бельгійським біохіміком Кристіаном де Дювом, який за дослідження структури і функцій лізосом був удостоєний Нобелівської премії у 1974 р.

Кристіан де Дюв відкрив також пероксисоми. **Пероксисоми** (від латин. *per* — через, грец. *oxys* — кислий і *soma* — тіло) — це універсальний органоїд еукаріотичних клітин, мембранні бульбашки діаметром 0,15—0,25 мкм. Функція пероксисом — розщеплення довголанцюгових жирних кислот, які надходять до клітини з їжею.



Мал. 24.3. Лізосоми, мікрофотографія



Мал. 24.4. Скоротливі вакуолі в найпростіших: амеба (*а*), інфузорія-туфелька (*б*), інфузорія-трубач (*в*)

На відміну від лізосом, нові пероксисоми утворюються тільки шляхом дроблення вже існуючих, тому клітина, що втратила всі пероксисоми, не може їх відновити.

Вакуолі

Вакуоля — це наповнений рідиною мембранний мішок, стінка якого складається з одинарної мембрани (мал. 24.5). У тваринних клітинах містяться відносно невеликі вакуолі, які беруть участь у фагоцитозі, перетравлюванні їжі, руйнуванні непотрібних клітинних структур, у виведенні надлишку води з організму.

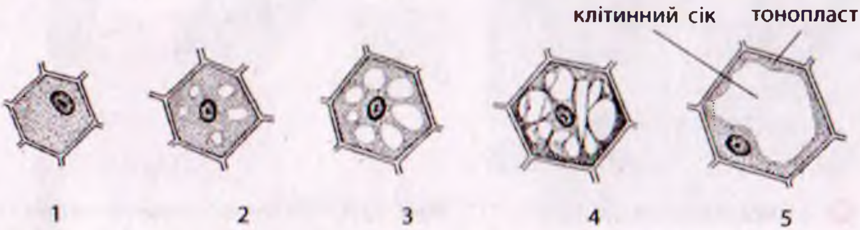
Рослинна клітина містить велику центральну вакуолю, оточену мембраною, яка називається **тонопласт** (мал. 24.5). Рідина, що заповнює центральну вакуолю, називається **клітинним соком**. Це концентрований розчин, який містить мінеральні солі, цукри, органічні кислоти, Оксиген, діоксин Карбону, пігменти і деякі відходи життєдіяльності.

Вода зазвичай надходить у концентрований клітинний сік шляхом осмосу. У результаті в клітині розвивається тургорний тиск і цитоплазма притискається до клітинної стінки. Осмотичне поглинання води відіграє важливу роль при розтягуванні клітин під час росту, а також у загальному водному режимі рослини.

Іноді у вакуолях містяться розчинні пігменти. Саме вони головним чином і визначають забарвлення квітів, плодів, бруньок. У листках вони зумовлюють різні відтінки осіннього забарвлення, яке залежить також від фотосинтетичних пігментів, що містяться у хлоропластах.

Після загибелі клітини тонопласт, як і всі інші мембрани, втрачає свою вибіркову проникність, і ферменти вивільняються із вакуоль, спричиняючи автоліз — саморозчинення клітини.

У вакуолях рослини можуть накопичуватися кінцеві і деякі вторинні продукти метаболізму. Вторинні продукти, зокрема алкалоїди і таніни, виконують захисну функцію, запобігаючи поїданню таких рослин травоїдними тваринами.



Мал. 24.5. Розвиток вакуоль у рослинній клітині

Деякі розчинні компоненти клітинного соку, наприклад сахароза і мінеральні солі, відіграють роль запасних поживних речовин, за необхідності використовуються цитоплазмою.

Опорні точки

У клітині є одномембранні органели. Ендоплазматична сітка бере участь у синтезі й транспортуванні білків, жирів і вуглеводів. Апарат Гольджі — це місце накопичення органічних речовин і органела, яка бере участь у їх транспортуванні. Завдяки діяльності апарату Гольджі відбуваються оновлення і ріст плазматичної мембрани й утворюються лізосоми.

Лізосоми — це одномембранні органели, що містять гідролітичні ферменти і беруть участь у перетравлюванні поживних речовин.

Вакуолі рослин виконують функцію підтримки тургорного тиску, накопичення кінцевих і деяких вторинних продуктів метаболізму та інші функції.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які одномембранні органели ви знаєте?
2. Які функції виконує апарат Гольджі?
3. Де утворюються лізосоми і яку функцію вони виконують?
4. Завдяки якій органелі відбувається оновлення і ріст плазматичної мембрани?
5. • У якій органелі розщеплюються жирні кислоти, які надходять до клітини з їжею?
6. • Яким може бути склад клітинного соку?
7. •• Що спільного й відмінного між гладенькою і гранулярною ендоплазматичною сіткою?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7*

Тема. Вивчення будови одномембранних органел

Мета: вивчити будову і функції одномембранних органел клітини на прикладі апарату Гольджі.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, готові препарати (апарат Гольджі в нервових клітинах спинного ганглію кошеняти).

Хід роботи

1. Розгляньте в мікроскоп готовий препарат — апарат Гольджі в нервових клітинах спинного ганглію кошеняти — і замалюйте його.

На малюнку навколо ядра (1) на світлому фоні нейроплазми (2) виділяється чорна звивиста сітка апарату Гольджі (3), яка щільно прилягає до ядра або розміщується, трохи відступаючи від ядра, ніби утворюючи навколо нього кошик (4). Спостерігаються нейрони, у цитоплазмі яких апарат Гольджі складається з окремих фрагментів (5), не зв'язаних між собою і розкиданих по всій нейроплазмі.



Нервові клітини спинного ганглію кошеняти при великому збільшенні

2 Зробіть висновки.

§ 25. Мітохондрії та процес дихання

Будова й функції мітохондрій

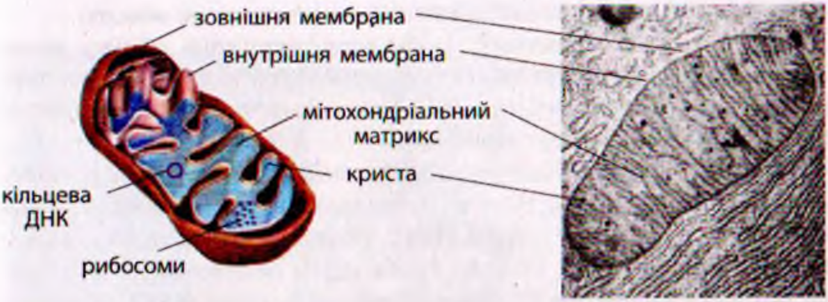
У цитоплазмі більшості клітин тварин і рослин містяться дрібні тільця — мітохондрії (від грец. *mitos* — нитка, *chondros* — зерно, гранула). Мітохондрії добре видно у світловий мікроскоп, за допомогою якого можна розглянути їхню форму, розміщення, порахувати кількість.

Оболонка мітохондрії складається із двох мембран — зовнішньої і внутрішньої. Зовнішня мембрана гладенька, вона не утворює ніяких складок і виростів. Внутрішня мембрана утворює численні складки, спрямовані в порожнину мітохондрії. Складки внутрішньої мембрани називають **кристами** (від латин. *crista* — гребінь).

Нові мітохондрії утворюються шляхом поділу вже існуючих у клітині мітохондрій.

Дізнайтеся більше

Кількість крист неоднакова в мітохондріях різних клітин. Їх може бути від кількох десятків до кількох сотень, причому особливо багато крист у мітохондріях клітин, що функціонують активно, наприклад м'язових. Це пов'язано з тим, що їм необхідно більше енергії.



а *б*

Мал. 25.1. Мітохондрія: схема будови (*а*) й мікрофотографія (*б*)

Мітохондрії називають «силовими станціями клітин», оскільки їхня основна функція — синтез аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ). Ця молекула синтезується в мітохондріях клітин усіх організмів і є універсальним джерелом енергії, необхідної для здійснення процесів життєдіяльності клітини і цілого організму.

Особливості будови мітохондрій визначаються їхнім походженням. За симбіотичною гіпотезою мітохондрія — це стародавня прокаріотична клітина, яка могла використовувати кисень у своєму енергетичному обміні. Захоплена шляхом ендоцитозу іншою клітиною, якій не була притаманна така властивість, мітохондрія втратила свою самостійність, але зберегла певні клітинні компоненти і здатність до поділу.

Усі мітохондрії мають однакову будову — зовнішню мембрану, міжмембранний простір, внутрішню мембрану і мітохондріальний матрикс (мал. 25.1).

У мітохондріальному матриксі, оточеному внутрішньою мембраною, розміщені ферменти енергетичного обміну. У матриксі мітохондрій також є кільцева молекула ДНК і мітохондріальні рибосоми.

Основна функція мітохондрій — участь в енергетичному обміні клітини, здійснення клітинного дихання.

Клітинне дихання

Клітинне дихання — це сукупність біохімічних реакцій, у ході яких відбувається окиснення вуглеводів, ліпідів і амінокислот до вуглекислого газу і води. Вивільнена енергія запасається в хімічних зв'язках молекул АТФ та інших енергетичних молекул. Далі ця енергія використовується для різних потреб клітини, у тому числі й для реакцій біосинтезу.

Клітинне дихання є останнім етапом **енергетичного обміну.**

На першому, **підготовчому,** етапі енергетичного обміну великі органічні молекули розкладаються на дрібніші компоненти. У ході цих перетворень виділяється мало енергії, вона розсіюється у вигляді тепла і АТФ не утворюється.

Другий етап енергетичного обміну — **неповне безкисневе розщеплення речовин** — відбувається в цитоплазмі клітин. Речовини, що утворилися під час підготовчого етапу, розкладаються за допомогою ферментів за відсутності кисню. Прикладом безкисневого розщеплення речовин є **гліколіз** — ферментативне розщеплення глюкози. Гліколіз відбувається у тваринних клітинах і в деяких мікроорганізмів. У процесі гліколізу з однієї молекули глюкози утворюються дві молекули трикарбонової піровиноградної кислоти $C_3H_6O_3$, а енергії, що вивільняється при цьому, достатньо для перетворення двох молекул АДФ на **дві молекули АТФ** (мал. 25.2).

Третій етап енергетичного обміну — **повне кисневе розщеплення,** або **клітинне дихання,**— відбувається в матриксі і на кристах мітохондрій в присутності кисню.

Продукт гліколізу — піровиноградна кислота — містить значну кількість енергії, і подальше її вивільнення відбувається в мітохондріях, де здійснюється повне окиснення піровиноградної кислоти до CO_2 та H_2O.

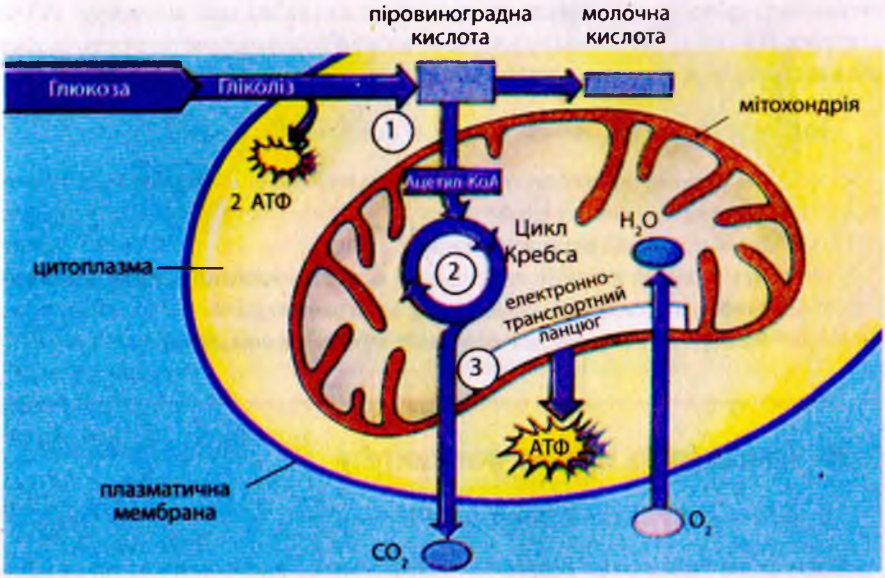
Процес клітинного дихання можна поділити на три стадії:

1) окисне декарбоксилювання піровиноградної кислоти;
2) цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса);
3) заключна стадія окиснення — електронно-транспортний ланцюг.

На *першій стадії* піровиноградна кислота взаємодіє з речовиною, яку називають коензимом А (скорочено КоА), у результаті чого утворюється ацетилкоензим-А (ацетил-КоА) з високоенергетичним зв'язком (мал. 25.2, *1*).

Друга стадія — цикл Кребса (мал. 25.2, *2*), названий так на честь англійського дослідника Ганса Кребса, який його відкрив. У цикл Кребса вступає ацетил-КоА, утворений на попередній стадії. Ацетил-КоА взаємодіє з щавлевооцтовою кислотою (чотирикарбонова сполука). Далі у результаті циклу Кребса розкладається молекула піровиноградної кислоти, виділяється CO_2 й утворюються енергетичні молекули.

Третя стадія — електронно-транспортний ланцюг (мал. 25.2, *3*). На цьому етапі синтезуються енергетичні молекули АТФ. При цьому використовуються спеціальні переносники електронів, які розташовані на внутрішній мембрані мітохондрій у вигляді ланцюга. Завдяки дії електронно-транспортного ланцюга виникає різниця



Мал. 25.2. Схема повного кисневого розщеплення речовин

потенціалів за рахунок того, що з одного боку мембрани концентруються електрони, а з другого — протони. Енергія цієї різниці потенціалів також витрачається для синтезу АТФ.

У результаті розщеплення у процесі клітинного дихання двох молекул піровиноградної кислоти синтезується в цілому 36 молекул АТФ. Сумарне рівняння енергетичного обміну має вигляд:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O + 38АДФ + 38H_3PO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 38АТФ.$$

На другому етапі енергетичного обміну синтезується 2 молекули АТФ, на третьому — 36 молекул АТФ.

Таким чином, кисневе розщеплення дає енергії у 18 разів більше, ніж її запасається у результаті гліколізу.

Опорні точки

Мітохондрії — двомембранні органели, основною функцією яких є участь в енергетичному обміні клітини, здійснення внутрішньоклітинного дихання. Клітинне дихання — це сукупність біохімічних реакцій у клітині, у ході яких відбувається окиснення вуглеводів, ліпідів і амінокислот до вуглекислого газу і води. Вивільнена у цих

реакціях енергія запасається в хімічних зв'язках молекул АТФ і інших енергетичних молекул. Далі ця енергія використовується для різних потреб клітини, у тому числі й для реакцій біосинтезу.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які двомембранні органели ви знаєте?
2. Яка будова мітохондрій?
3. Як мітохондрії відновлюються?
4. Яку роль відіграють мітохондрії в енергетичному обміні клітини?
5. У чому полягає біологічна природа гліколізу?
6. Як будова мітохондрій пов'язана з їхніми функціями?

§ 26. Пластиди та процес фотосинтезу

Будова і функції пластид

Пластиди (від грец. *plastos* — утворений, виліплений, оформлений) — це органели, характерні для рослинних клітин. У клітинах тварин пластиди відсутні.

Розрізняють три основні типи пластид: зелені — хлоропласти; червоні, жовтогарячі й жовті — хромопласти; безбарвні — лейкопласти. Усі різновиди пластид утворюються із дрібних безбарвних пластид — округлих мембранних тілець діаметром приблизно 1 мкм, які мають слабкорозвинену систему тилакоїдів. Пластиди можуть розмножуватися.

Хлоропласт — органела клітин рослин, у якій відбувається процес фотосинтезу. Хлоропласти містяться в клітинах листків та інших зелених органів рослин, а також у різних водоростях. У вищих рослин в одній клітині зазвичай буває кілька десятків хлоропластів. Зелене забарвлення хлоропластів залежить від вмісту в них пігменту **хлорофілу**.

За будовою хлоропласти подібні до мітохондрій (мал. 26.1). Від цитоплазми хлоропласт відділений двома мембранами — зовнішньою і внутрішньою. Зовнішня мембрана гладенька, без складок і виростів, а внутрішня утворює багато складчастих виростів, спрямованих усередину хлоропласта. Тому всередині хлоропласта зосереджена велика кількість мембран, що утворюють особливі структури — тилакоїди. Тилакоїди утворюють грани.

Саме в мембранах гран розміщуються молекули хлорофілу, і тому тут відбувається фотосинтез. У стромі (матриксі) хлоропласту, оточеному внутрішньою мембраною, є кільцева ДНК і рибосоми.



а *б*

Мал. 26.1. Схема будови хлоропласта (*а*): 1 — строма, 2 — зовнішня мембрана, 3 — внутрішня мембрана, 4 — тилакоїди; мікрофотографія (*б*)

Хромопласти містяться в цитоплазмі клітин різних частин рослини: у квітках, плодах, стеблах, листках. Вони впливають на забарвлення віночків квіток, плодів, осіннього листя.

Лейкопласти — безбарвні пластиди, розміщені в цитоплазмі клітин незабарвлених частин рослин, наприклад у стеблах, коренях, бульбах. Форма лейкопластів різноманітна. У цих пластидах відкладається запас поживних речовин.

Хлоропласти, хромопласти і лейкопласти можуть здійснювати взаємний перехід. Так, під час достигання плодів чи зміни забарвлення листя восени хлоропласти перетворюються на хромопласти, а лейкопласти можуть перетворюватися на хлоропласти (наприклад, якщо зеленіють бульби картоплі).

Еволюційними попередниками пластид згідно із симбіотичною гіпотезою вважаються бактерії, які набули здатності використовувати світлову енергію і були «захоплені» іншими видами бактерій.

Фотосинтез

Слово «фотосинтез» буквально означає: створення під впливом світла. **Фотосинтез** — це процес, який відбувається у хлоропластах під дією сонячного світла.

Під час фотосинтезу відбувається процес перетворення енергії сонячного світла на енергію хімічних зв'язків органічних сполук (глюкози), які синтезуються з неорганічних сполук — води та вуглекислого газу.

Сумарна формула фотосинтезу має такий вигляд:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Фотосинтез здійснюється в хлоропластах. Основним фотосинтетичним пігментом вищих рослин є **хлорофіл**. За хімічною структурою

розрізняють декілька видів хлорофілів. Крім хлорофілів, у хлоропластах як допоміжні пігменти присутні каротиноїди (жиророзчинні пігменти, виявлені у всіх рослин).

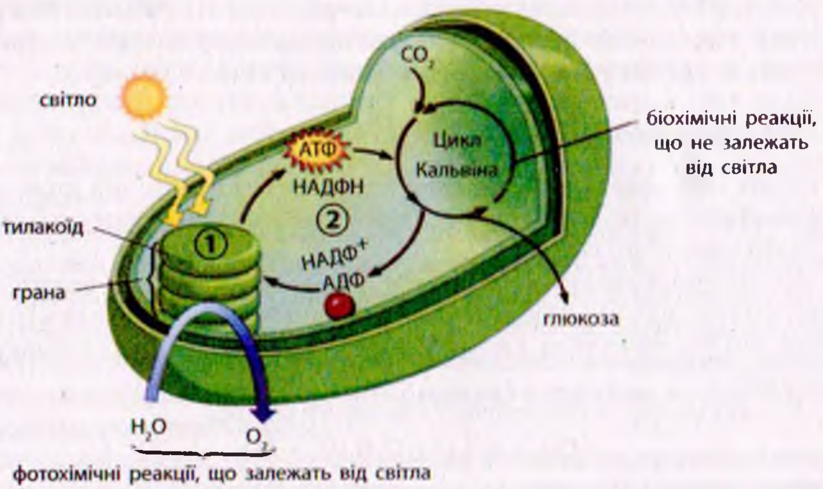
Процес фотосинтезу складається з двох взаємопов'язаних етапів — світлової та темнової фаз.

Світлова фаза відбувається лише за наявності світла, за допомогою фотосинтетичних пігментів у тилакоїдах хлоропластів (мал. 26.2, *1*). Тилакоїди — це мембранні пухирці, розташовані у стромі хлоропластів. У мембранах тилакоїдів є молекули хлорофілу.

У світловій фазі фотосинтезу відбувається поглинання світла молекулами хлорофілу і перетворення енергії світла в хімічну енергію молекул АТФ та інших переносників енергії, а також виділення кисню в атмосферу.

Темнова фаза не вимагає світла, відбувається у стромі хлоропласта (мал. 26.2, *2*). У ній енергетичні молекули витрачаються на синтез органічних сполук.

У світловій фазі фотосинтезу беруть участь дві фотосистеми: фотосистема 1 (ФС1) і фотосистема 2 (ФС2). У кожній фотосистемі є антенний комплекс, який складається з хлорофілу і призначений для вловлювання енергії світла різної довжини хвилі та передачі її на реакційний центр. До реакційного центру ФС1 входять молекули хлорофілу, які поглинають світло з довжиною хвилі максимум 700 нм, а до реакційного центру ФС2 — молекули хлорофілу, які поглинають світло з довжиною хвилі максимум 680 нм.



Мал. 26.2. Фази фотосинтезу: 1 — світлова, 2 — темнова

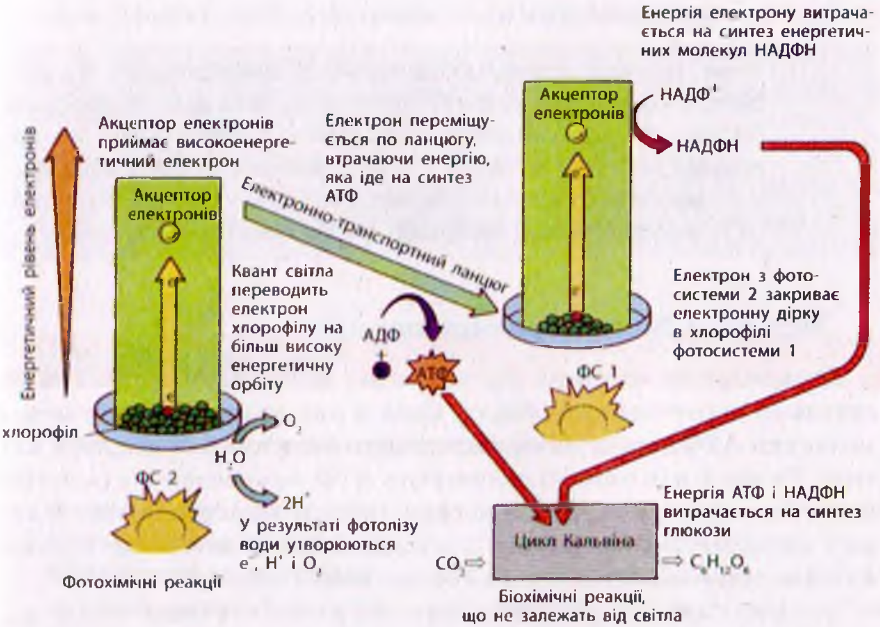


Рис. 26.3. Схема фотосинтезу

Процеси у світловій фазі здійснюються за схемою, зображеною на мал. 26.3. Утворені в результаті фотохімічних реакцій молекули АТФ і НАДФН (переносники енергії) використовуються для здійснення реакцій темнової фази.

Під час темнової фази фотосинтезу енергія, накопичена у світловій фазі, витрачається на синтез глюкози. Для цього синтезу потрібен вуглекислий газ, Карбон якого фіксується у циклі Кальвіна (мал. 26.3), названого на честь ученого Мелвіна Кальвіна, який його відкрив.

Значення фотосинтезу

Фотосинтез має загальнобіологічне значення, оскільки це єдиний процес, у результаті якого на нашій планеті енергія сонячного світла перетворюється на хімічну енергію вуглеводів, а потім на енергію всіх інших органічних речовин будь-яких організмів.

В основному завдяки фотосинтезу атмосфера Землі збагачується вільним киснем, який потрібен для дихання більшості мешканців нашої планети, а також для самих рослин.

Таким чином, фотосинтез — це не лише первинний синтез органічних речовин, а й процес, унаслідок якого на Землі створюються умови, необхідні для існування живих організмів.

Наука — практиці

Учені з'ясували, що можна підвищувати рівень ефективності фотосинтезу і цим поліпшувати продуктивність сільськогосподарських рослин. На продуктивність фотосинтезу впливає концентрація вуглекислого газу в повітрі, рівень освітленості, рівень мінерального живлення, забезпечення вологою та інші чинники. Регулюючи ці чинники, можна змінювати продуктивність фотосинтезу.

Значення двомембранних органел

Двомембранні органели хлоропласти і мітохондрії називають органелами енергетичного обміну. Саме в них можуть синтезуватися молекули АТФ, які є універсальними переносниками енергії в клітині. Та якщо мітохондрії синтезують АТФ «на експорт» для потреб клітини в цілому, то АТФ, що синтезується у хлоропластах, у них же і витрачається на синтез вуглеводів. І вже ці вуглеводи активно використовуються і клітиною, і організмом в цілому.

Значення цих двомембранних органел в енергетичному обміні надзвичайно важливе, тому що саме в них утворюється основна частина необхідної для життєдіяльності клітини енергії.

Крім того, у мітохондріях і хлоропластах є спадкова інформація, вміщена в їх кільцевих молекулах ДНК. Ця позаядерна інформація відіграє важливу роль у визначенні властивостей і якостей клітин та організмів.

Опорні точки

Мітохондрії і хлоропласти — це енергетичні органели клітини.

Хлоропласти — основні органоїди клітин рослин, у яких відбувається процес фотосинтезу.

Фотосинтез — це процес перетворення енергії сонячного світла на енергію хімічних зв'язків органічних сполук (глюкози), які синтезуються з неорганічних сполук — води й вуглекислого газу.

Основним фотосинтетичним пігментом вищих рослин є хлорофіл.

Процес фотосинтезу складається з двох взаємопов'язаних етапів: світлової й темнової фаз. У світловій фазі фотосинтезу відбувається поглинання світла молекулами хлорофілу і трансформація енергії світла в хімічну енергію АТФ та інших переносників енергії. Під час темнової фази фотосинтезу енергія, накопичена у світловій фазі, витрачається на синтез глюкози.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які двомембранні органели ви знаєте?
2. Яку роль відіграють хлоропласти в енергетичному обміні клітини?
3. Як побудований хлоропласт?
4. Чим подібні й відмінні пластиди рослинної клітини?
5. Яка роль світлової і темнової фаз фотосинтезу?
6. У чому полягає біологічне і планетарне значення фотосинтезу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8*

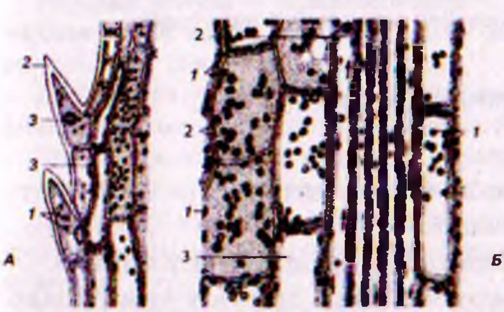
Тема. Вивчення будови двомембранних органел

Мета: вивчити будову і функції двомембранних органел на прикладі готових і тимчасових препаратів.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметні і накривні стекла, препарувальні голки, скальпель, коренеплід моркви, листок елодеї, дистильована вода, піпетки, готові постійні препарати: мітохондрії в ниркових канальцях ссавців.

Хід роботи

1. Приготуйте препарат хлоропластів у листку елодеї. Для цього пінцетом акуратно відірвіть молодий листок елодеї. Покладіть його нижнім боком у краплю води на предметне скло, накрийте накривним склом і розгляньте при малому і великому збільшеннях мікроскопа. Порівняйте побачене з малюнком.



Клітини листка елодеї:
А — крайові клітини: 1 — хлоропласти; 2 — клітини у вигляді зубців; 3 — ядро; 4 — цитоплазма;
Б — клітини середньої жилки та прилеглі до них клітини: 1 — пластиди; 2 — цитоплазма; 3 — вакуоля

2. Приготуйте препарат хромопластів у коренеплоді моркви. Для цього необхідно зробити тонкий повздовжній чи поперечний

зріз коренеплоду моркви й розмістити його на предметному склі в краплі води чи гліцерину, прикрити накривним склом. Розгляньте препарат при малому та великому збільшеннях. Порівняйте побачене з малюнком.



Хромопласти в клітинах коренеплоду моркви:
1 — оболонка; 2 — краплі ефірних олій;
3 — кристали каротину; 4 — вакуолі;
5 — хромопласти; 6 — цитоплазма

3. Розгляньте постійний препарат мітохондрій в ниркових канальцях ссавців. Порівняйте побачене з малюнком.



Мітохондрії в клітинах ниркових канальців:
1 — цитоплазма; 2 — ядро; 3 — клітина;
4 — мітохондрії

4. Зробіть висновки.

Теми для проектної і групової роботи

1. Можливості регулювання продуктивності фотосинтезу.
2. Можливості штучного синтезу білків для діагностування та лікування хвороб людини.
3. Гіпотези походження органел еукаріотичних клітин.
4. Вплив факторів зовнішнього середовища на клітини.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тема 3. Клітина як цілісна система

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- клітинний цикл, мітоз і мейоз;
- обмін речовин та енергії в клітині;
- сучасну клітинну теорію;
- цитотехнології.

Навчитеся:

- характеризувати клітину як цілісну систему;
- розуміти, як і для чого застосовуються цитотехнології;
- пояснювати значення вивчення каріотипу для діагностування і профілактики спадкових хвороб людини.

§ 27. Хромосоми. Каріотип

Хромосоми

Хромосоми (від грец. *chroma* — колір і *soma* — тіло) — це найважливіший органоїд ядра, утворений ДНК у комплексі з основними білками — гістонами. Цей комплекс становить приблизно 90 % речовини хромосом. До складу хромосом входять також РНК, кислі білки, ліпіди, мінеральні речовини і фермент ДНК-полімераза.

У період між поділом клітини хромосоми деспіралізовані, спостерігаються тільки в електронний мікроскоп і являють собою довгі тонкі нитки хроматину (мал. 27.1, *а*). У період поділу спіралізуються, стають компактними і їх видно у світловий мікроскоп.

Існують різні рівні компактизації (упаковування) молекули ДНК (мал. 27.1).

Перший рівень — нуклеосомний — утворює структуру у вигляді «намистинок на нитці», при цьому відбувається укорочення ДНК приблизно у сім разів (мал. 27.1, *б*).

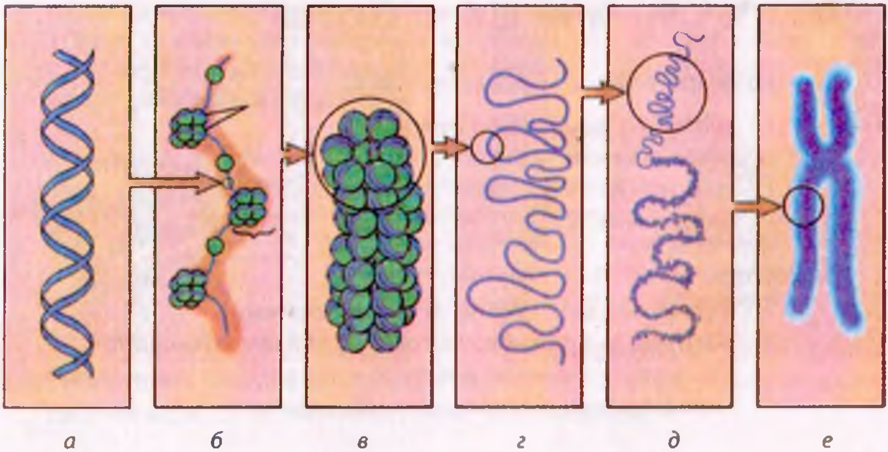
Другий рівень — нуклеомерний, де відбувається об'єднання 8—10 нуклеосом у вигляді глобули (мал. 27.1, *в*).

Третій рівень — хромомерний, де нуклеомери формують численні петлі, об'єднані скріпками із негістонових білків (мал. 27.1, *г*).

Четвертий етап — хромонемний — утворюється за рахунок зближення у лінійному порядку хромомерних петель з утворенням хромонемної нитки (мал. 27.1, *д*).

П'ятий рівень — хромосомний — утворюється в результаті спірального вкладання хромонеми (або хроматиди) (мал. 27.1, *е*).

Хромосоми найкраще вивчати в момент їх найбільшої конденсації — у фазі поділу клітини, що називається **метафазою**.



Мал. 27.1. Рівні компактизації ДНК

Кількість хромосом у клітинах більшості видів живих організмів парна. Це пояснюється тим, що в клітинах тіла є парні хромосоми, однакові за формою і розміром, — одна з батьківського організму, а друга — з материнського. Хромосоми, що є однаковими за формою та розміром і несуть однакові гени, називають **гомологічними хромосомами**.

Хромосомний набір соматичної клітини, у якому кожна хромосома має собі пару, називається подвійним, або **диплоїдним**, і позначається $2n$, а хромосомний набір, у якому кожна хромосома не має пари, називається одинарним, або **гаплоїдним**, і позначається n.

Каріотип

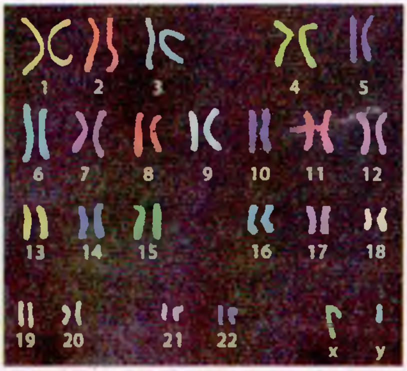
Сукупність кількісних (кількість і розміри) та якісних (форма) ознак хромосомного набору соматичної клітини називають **каріотипом**.

Найважливішим показником каріотипу є кількість хромосом. Для соматичних клітин багатоклітинних організмів характерний диплоїдний хромосомний набір. У ньому кожна хромосома має парного собі гомологічного партнера, який повторює у деталях розміри й особливості її морфології. Таким чином, у хромосомному наборі соматичних клітин виділяють **гомологічні** (з однієї пари) і **негомологічні** (із різних пар) хромосоми.

Статеві клітини мають удвічі менший — гаплоїдний — набір хромосом, у якому наявна тільки одна хромосома з кожної гомологічної пари хромосом.



Мал. 27.2. Статеві хромосоми чоловічого організму



Мал. 27.3. Каріотип людини

Хромосомному комплексу властиві статеві відмінності. Набори хромосом самця і самиці відрізняються за однією парою статевих хромосом. Наприклад, у всіх ссавців статеві хромосоми в самиці гомологічні і називаються X-хромосомами. А в самця статеві хромосоми негомологічні, тобто різні (мал. 27.2). Одна — це X-хромосома, а друга Y-хромосома. У X- та Y-хромосомах різні гени, і ці хромосоми відрізняються морфологічно.

Видова сталість кількості, розміру і форми хромосом відіграє важливу роль у процесі еволюції живих організмів. Саме сталість каріотипу зберігає адаптивні властивості, характерні для певного виду (мал. 27.3). Порушення кількості та морфології хромосом, як правило, спричиняє серйозні порушення життєдіяльності організму.

Вивченням каріотипів організмів займається наука **каріосистематика**. Це розділ систематики, що вивчає структури клітинного ядра у різних груп організмів із метою виявлення ступеня їх спорідненя і використання цих даних для побудови природної системи тієї чи іншої групи організмів (мал. 27.4).



Мал. 27.4. Каріотипи різних видів: 1 — скереди (рослина), 2 — коника, 3 — плодової мушки, 4 — метелика, 5 — півня

Дізнайтеся більше

Каріосистематика рослин інтенсивно розвивається від початку XX ст. Уперше визначення кількості хромосом у рослин провели у 1882 р. Е. Страсбургер та Л. Гіньяр. А у 1915 р. німецький цитолог Г. Тишлер описав хромосомні набори у 400 видів рослин. У 1967 р. було описано каріотипи понад 35 000 видів квіткових рослин. Каріосистематика тварин розвивалася повільніше, і лише застосування сучасних методів дослідження сприяло у 60—70-х рр. XX ст. її значному прогресу.

Вивчення каріотипу людини

Вивчення каріотипу людини важливе для діагностики і профілактики спадкових хвороб людини.

Хромосомний набір здорової людини має 46 хромосом: 22 пари аутосом (це всі хромосоми, крім статевих) і 1 пара статевих хромосом (жінка — XX, чоловік — XY).

Хромосомні хвороби (синдроми) — це група вроджених патологічних станів, які проявляються аномаліями розвитку й зумовлені порушеннями кількості або структури хромосом.

Учені виявили хвороби, спричинені порушенням кількості аутосом. Наприклад, синдром Дауна — це поява однієї зайвої хромосоми. Замість 46 їх стає 47. Це пов'язано із серйозними порушеннями в розвитку і функціонуванні організму.

Є хвороби, пов'язані з порушенням кількості статевих хромосом. Наприклад, у людини синдром Шерешевського—Тернера — це відсутність однієї X-хромосоми в жінок. Тобто замість двох X-хромосом у клітинах організму є тільки одна.

Учені розробили різні методи профілактики спадкових захворювань. У багатьох містах України працюють медико-генетичні консультації, в яких можна отримати кваліфіковану допомогу щодо запобігання проявам у потомства спадкових хвороб.

Опорні точки

Хромосоми — найважливіші органели ядра, утворені ДНК у комплексі з основними білками — гістонами. Існують різні рівні компактизації ДНК у хромосомах.

Хромосоми, що визначають стать, називають статевими, а всі інші хромосоми називають аутосомами.

Сукупність кількісних (кількість та розмір) та якісних (форма) ознак хромосомного набору соматичної клітини називають каріотипом. Вивченням каріотипів організмів займається наука каріосистематика.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке каріотип?
2. Яке практичне значення має наука каріосистематика?
3. Про які статеві відмінності хромосомного комплексу ви знаєте?
• 4. Чому вивчення каріотипу людини надзвичайно важливе для медицини?
• 5. Які кількісні та якісні ознаки хромосомного набору враховуються під час опису каріотипу?
• 6. Яку роль відіграє видова постійність кількості, розміру і форми хромосом?
•• 7. Як будова хромосоми пов'язана з її функціями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

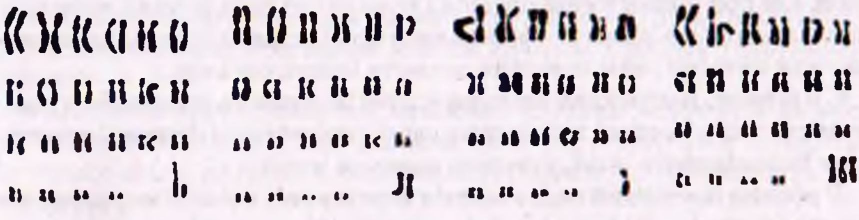
Тема. Будова хромосом

Мета: вивчити зовнішню будову хромосом, навчитися знаходити гомологічні хромосоми й розрізняти аутосоми та статеві хромосоми.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, предметні й накривні стекла, постійні препарати хромосом ссавців і комах, фотокаріограми людини.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа на постійному препараті знайдіть ділянку, у якій клітини діляться. При великому збільшенні розгляньте хромосоми. Полічіть їх. Зверніть увагу на їхні розміри та форму. Замалюйте побачене.
3. Ознайомтеся з чотирма фотокаріограмами людини.



а б в г

Фотокаріограми людини:
а — здоровий чоловік; б — здорова жінка; в — хромосомний набір хворого із синдромом Шерешевського—Тернера (моносомія за статевими хромосомами); г — хромосомний набір хворого із синдромом Клайнфельтера генотип XXXY.

4 Розгляньте фотокаріограму здорової людини. Знайдіть гомологічні хромосоми й позначте пари гомологічних хромосом цифрами 1—23.



5 Зробіть висновок.

§ 28. Механізми відтворення і загибелі клітин. Клітинний цикл еукаріотичних клітин. Мітоз

Утворення клітин

Усі нові клітини виникають у результаті поділу вже існуючих. Багатоклітинний організм починає свій розвиток найчастіше з однієї-єдиної клітини. Потім шляхом неодноразового поділу утворюється багато клітин, які й становлять організм.

У багатоклітинних організмах є клітини, які не можуть ділитися через їх високу спеціалізацію. Наприклад, нервові і м'язові клітини після завершення ембріонального періоду розвитку організму припиняють поділ і функціонують протягом усього подальшого життя організму.

Багато спеціалізованих клітин не розмножуються за звичайних умов, але при ушкодженні органів і тканин, до складу яких вони входять, їх здатність ділитися відновлюється. До таких клітин належать клітини печінки, ендокринних залоз та інших органів.

Є клітини, наприклад клітини епітелію тонкого кишечнику, епідермісу, які у процесі виконання своєї специфічної функції гинуть, тому їх замінюють інші, утворені шляхом поділу.

У рослин постійний поділ клітин верхівкової і бічної меристем забезпечує тривалий ріст пагонів і коренів у довжину і товщину.

Пригадайте

Меристеми — твірні тканини рослин.

Новоутворені клітини набувають здатності ділитися після певного періоду росту. Крім того, поділу передує подвоєння клітинних структур: хлоропластів, мітохондрій, центріолей та інших органел.

*Механізми загибелі клітин**

До механізмів загибелі клітин належать апоптоз, некроз, автофагія, мітотична катастрофа, клітинне старіння, а також фагоцитоз, унаслідок появи на мембрані клітини «сигналів загибелі».

Апоптоз (від грец. *apoptosis* — опадання листя) — це явище програмованої клітинної смерті, яка супроводжується набором характерних цитологічних ознак, так званих маркерів апоптозу, і молекулярних процесів, які мають відмінності в одноклітинних і багатоклітинних організмів.

Апоптоз — форма загибелі клітини, яка проявляється зменшенням її розміру, конденсації і фрагментації хроматину, ущільненням зовнішньої і цитоплазматичної мембран без виходу вмісту клітини у навколишнє середовище.

У численних експериментах учені довели, що програмована загибель є обов'язковою і невід'ємною властивістю будь-якої клітини будь-якого багатоклітинного організму. Щодня приблизно 50 % клітин організму піддаються апоптозу, а їхнє місце займають нові. Апоптоз може відбуватися від 15 хвилин до двох годин.

Автофагія (від грец. *autos* — сам і *phagos* — пожирач) — це захоплення і перетравлювання клітиною власних зруйнованих органел, особливо в клітинах, що атрофуються через недостатність живлення або у зв'язку із впливом гормонів.

Мітотична катастрофа — це загибель клітини внаслідок грубих порушень мітозу та в результаті різних впливів на цей процес.

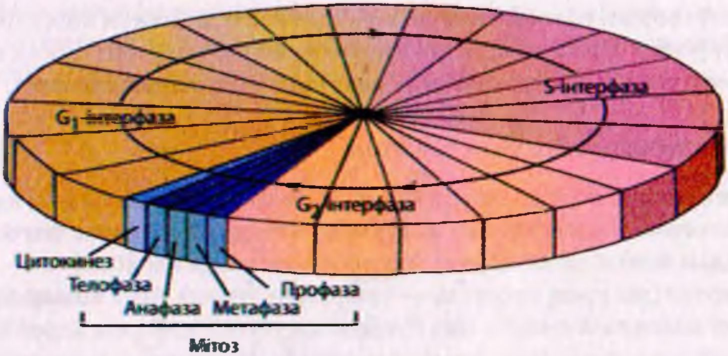
Клітинне старіння визначається трьома процесами: неможливістю поділу, зниженням «працездатності» клітин, які не повинні ділитися (більшість нервових і м'язових клітин) або втратили здатність до поділу, а також старінням клітин унаслідок різних генетичних мутацій.

Фагоцитоз через появу на мембрані клітини «сигналів загибелі» призводить до того, що клітина сама «просить» себе знищити. До таких явищ належить, наприклад, фагоцитоз еритроцитів, що старіють.

Клітинний цикл еукаріотичних клітин

Життя клітини від одного поділу до наступного називається **клітинним циклом**, або **життєвим циклом клітини** (мал. 28.1).

Клітинний цикл складається з інтерфази та мітозу.



Мал. 28.1. Клітинний цикл

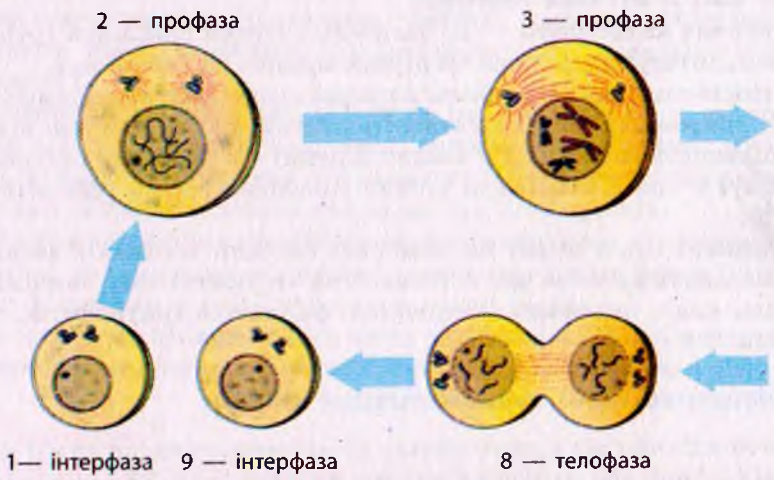
Інтерфаза — це стадія життєвого циклу клітини між двома поділами, а мітоз — це період поділу еукаріотичної клітини.

Інтерфаза охоплює три періоди:

— постмітотичний (G_1 — від англ. *grow* — рости, збільшуватися). Коли клітина живе і здійснює процеси життєдіяльності, але не подвоює свою ДНК;

— синтетичний (S — від англ. *synthesis* — синтез), коли в клітині відбувається подвоєння молекул ДНК, подвоєння центріолей, а також поділ мітохондрій, збільшується кількість інших органел клітини;

— премітотичний (G_2), у якому клітина готується до поділу.



Мал. 28.2. Фази мітозу

Потім настає поділ клітини. Нові дочірні клітини знову переходять в інтерфазу.

Регуляція клітинного циклу дуже складна і здійснюється при взаємодії спеціальних білків і факторів росту.

Мітоз

Мітоз, або **непрямий поділ**,— це основний спосіб поділу еукаріотичних клітин. Мітоз — це поділ клітини, результатом якого є утворення двох дочірніх клітин, у кожній з яких є такий самий набір хромосом, як і в материнській.

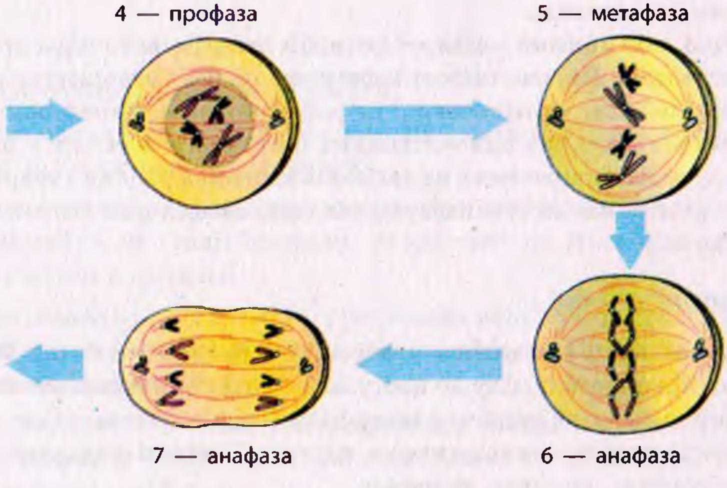
Оскільки під час мітозу на одне подвоєння ДНК припадає тільки один поділ клітини, то цей процес зберігає постійність кількості хромосом у клітинах.

Мітоз — процес безперервний, але для зручності вивчення біологи поділяють його на чотири стадії залежно від того, який вигляд мають хромосоми в цей час у світловому мікроскопі.

У мітозі виділяють профазу, метафазу, анафазу та телофазу (мал. 28.2).

У **профазі** відбувається спіралізація ДНК, зникає ядерце і фрагментується (розпадається на частини) ядерна оболонка, хромосоми розміщуються в цитоплазмі. Наприкінці профази починається утворення веретена поділу.

У **метафазі** завершується утворення веретена поділу, що складається з мікротрубочок двох типів: хромосомних, які з двох полюсів



зв'язуються з центромерами хромосом, і центросомних (полюсних), які тягнуться від полюса до полюса клітини. Центромери хромосом ніби виштовхуються мікротрубочками в ділянку екватора клітини, утворюється так звана «метафазна пластинка».

У метафазі чітко видно подвійну будову хромосом, з'єднаних тільки в ділянці центромери. У цей період легко підрахувати кількість хромосом, вивчати особливості їхньої морфологічної будови.

В **анафазі** хроматиди подвоєних в інтерфазі хромосом розходяться до полюсів клітини.

У **телофазі** відбуваються процеси, зворотні тим, які спостерігаються у профазі: починається деспіралізація хромосом, вони набрякають і погано розрізняються у світловому мікроскопі. Навколо хромосом у кожного полюса з мембранних структур цитоплазми формується ядерна оболонка, в ядрах виникають ядерця. Руйнується веретено поділу.

На стадії телофази відбувається розділення цитоплазми з утворенням двох клітин.

У результаті мітозу з однієї клітини виникають дві дочірні з тим самим набором хромосом.

Біологічне значення мітозу полягає у суворо однаковому поділі між дочірніми клітинами носіїв спадковості — молекул ДНК, які входять до складу хромосом материнської клітини. Завдяки рівномірному розподілу хромосом між дочірніми клітинами забезпечується утворення генетично рівноцінних клітин і зберігається спадкоємність у ряді клітинних поколінь.

Мітотичний поділ клітин — це цитологічна основа нестатевого розмноження організмів.

Амітоз, або **прямий поділ**,— це поділ інтерфазного ядра шляхом перетягування. Під час амітозу веретено поділу не утворюється і хромосоми у світловому мікроскопі не розрізняються. Такий поділ спостерігається у деяких одноклітинних організмів, а також у деяких дегенеруючих, приречених на загибель клітинах рослин і тварин або під час різних патологічних процесів (злоякісний ріст клітин, запалення та ін.).

Опорні точки

Існують певні механізми утворення й загибелі клітин. Життя клітини від одного поділу до наступного поділу називається клітинним циклом, який включає інтерфазу і мітоз. Мітоз — це основний спосіб поділу еукаріотичних клітин. У мітозі виділяють профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

У результаті мітозу з однієї клітини виникають дві дочірні з тим самим набором хромосом. Біологічний зміст мітозу полягає в суворо однаковому розподілі між дочірніми клітинами носіїв спадковості — молекул ДНК, що входять до складу хромосом материнської клітини.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Навіщо потрібне утворення клітин?
2. Що таке мітоз?
3. У чому полягають особливості інтерфази?
4. Чому виникли механізми загибелі клітин?
5. Що відбувається у клітині в період профази?
6. Як можна на практиці застосувати знання про процес апоптозу?
7. У чому полягає біологічне значення мітозу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

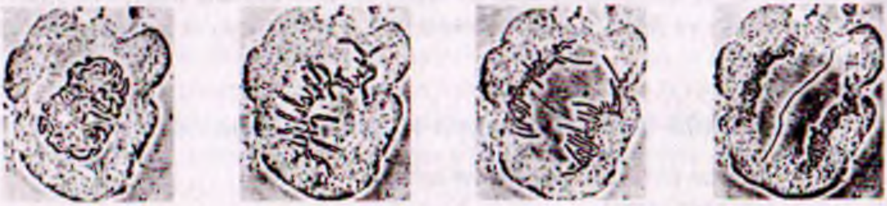
Тема. Мітотичний поділ клітин

Мета: навчитися розпізнавати різні фази мітозу.
Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати на різних стадіях мітотичного циклу, мікрофотографії різних стадій мітотичного поділу клітин.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препараті клітини, що діляться. Розгляньте їх.
3. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть клітини, які перебувають на стадії профази. Замалюйте їх. Напишіть, що відбувається в цій фазі.
4. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть клітини, які перебувають у стадії метафази. Замалюйте їх. Напишіть, що відбувається в цій фазі.
5. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть клітини, які перебувають у стадії телофази. Замалюйте їх. Напишіть, що відбувається в цій фазі.

6 Порівняйте побачені вами фази мітозу з мікрофотографіями різних стадій мітотичного поділу клітин.



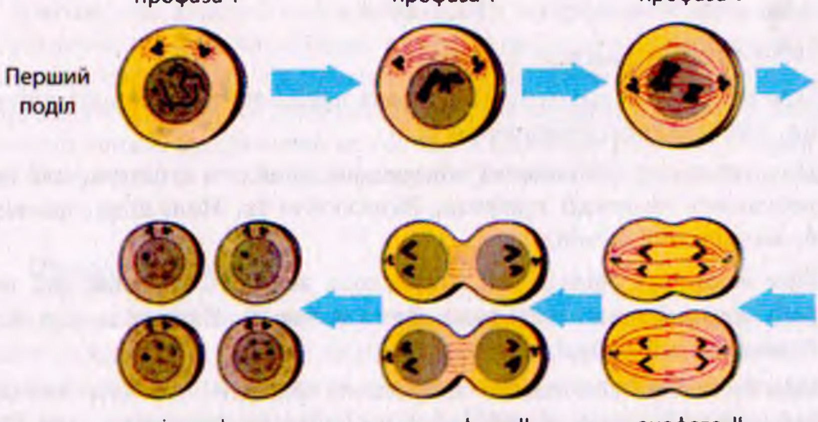
7 Зробіть висновки.

§ 29. Мейоз

Мейоз

Мейоз (від грец. *meiosis* — зменшення) — це особливий спосіб поділу клітин, у результаті якого відбувається редукція (зменшення) кількості хромосом удвічі й перехід клітин із диплоїдного стану ($2n$) в гаплоїдний (n).

За допомогою мейозу утворюються статеві клітини — гамети, а у вищих рослин — спори. У результаті редукції хромосомного набору в кожну гаплоїдну гамету й спору потрапляє по одній хромосомі з кожної пари гомологічних хромосом.



Мал. 29.1. Фази мейозу

У ході подальшого процесу запліднення (злиття гамет) в організмі нового покоління відновиться диплоїдний набір хромосом. Завдяки мейозу каріотип організмів даного виду в ряді поколінь залишається постійним.

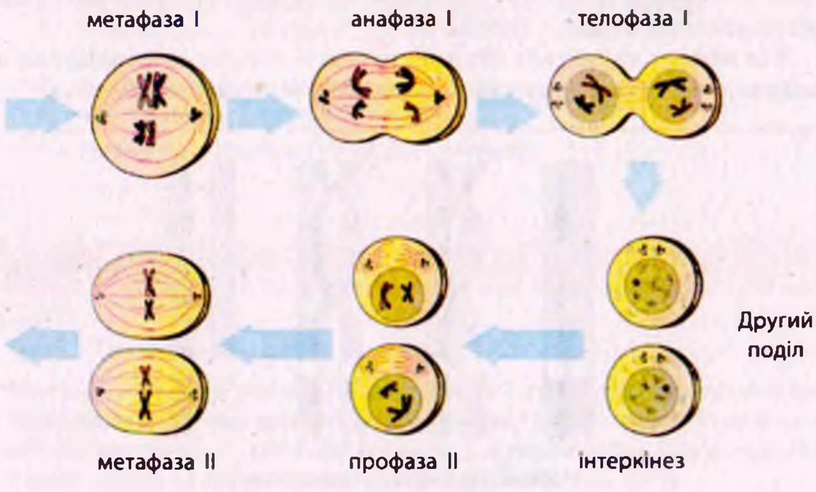
Біологічне значення мейозу полягає в забезпеченні постійності каріотипу в ряді поколінь організмів даного виду, для чого в мейозі на одне подвоєння ДНК припадає два поділи клітини, що дозволяє скоротити кількість хромосом удвічі.

Фази мейозу

Перший поділ мейозу складається з фаз: профаза I, метафаза I, анафаза I, телофаза I.

У **профазі I** відбувається спіралізація ДНК, зникає ядерце і фрагментується (розпадається на частини) ядерна оболонка, хромосоми розміщуються у цитоплазмі. У кінці профази починає утворюватися веретено поділу, яке формується з мікротрубочок. Але, на відміну від мітозу, у мейозі у профазі I відбувається кон'югація — тісне зближення гомологічних хромосом. Завдяки такому тісному зближенню стає можливим процес кросинговеру.

Кросинговер — це перехрестя гомологічних хромосом, що супроводжується обміном відповідними ділянками між їхніми хроматидами. Після кросинговеру в процесі поділу розходяться вже змінені хромосоми, тобто в них уже інше поєднання генів. Кросинговер — одне із джерел комбінативної мінливості.



Завдяки кросинговеру профаза І мейозу тривала і проходить дуже складно (мал. 29.2).

У **метафазі І** завершується формування веретена поділу. Нитки веретена прикріплюються до центромерів хромосом. Центромери «шикуються» по екватору клітини, утворюється метафазна пластинка.

В **анафазі І** гомологічні пари хромосом розходяться до полюсів клітини.

У **телофазі І** утворюються дві диплоїдні клітини. Ці клітини відразу ж розпочинають другий поділ.

Проміжок між двома поділами називається **інтеркінез.** Інтеркінез відрізняється від інтерфази тим, що в ньому не відбувається реплікація ДНК.

Другий поділ мейозу складається з фаз: профаза II, метафаза II, анафаза II, телофаза II.

Профаза II нетривала, кросинговер у ній не відбувається. У метафазі II утворюється веретено поділу, хромосоми центромерами прикріплюються до його мікротрубочок.

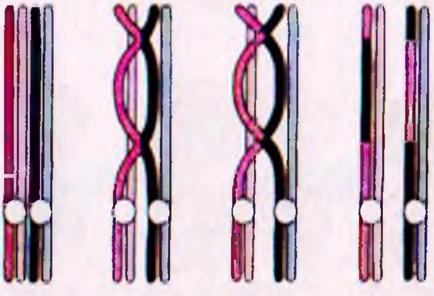
У **метафазі II** хромосоми «шикуються» своїми центромерами по екватору клітини.

В **анафазі II** до полюсів розходяться по одному гомологу з кожної пари гомологічних хромосом.

У **телофазі II** відбувається поділ клітин. Із двох диплоїдних клітин утворюються чотири гаплоїдні дочірні клітини.

Отже, біологічне значення мейозу полягає в підтриманні постійної кількості хромосом за наявності статевого процесу. Крім того, внаслідок кросинговеру відбувається рекомбінація — поява нових поєднань спадкових задатків у хромосомах. Мейоз забезпечує також комбінативну мінливість — появу нових поєднань спадкових задатків при подальшому заплідненні.

Хід мейозу перебуває під контролем генотипу організму, на нього впливають статеві гормони у тварин і фітогормони в рослин.



Мал. 29.2. Схема кросинговеру

Порівняння мітозу й мейозу*

Мітоз і мейоз розрізняються за своїм біологічним значенням. Мітоз — це спосіб передавання інформації від клітини до клітини, а мейоз — це спосіб передавання інформації від покоління до покоління.

У мітозі на одне подвоєння ДНК припадає один поділ клітини, у результаті чого утворюються клітини з таким самим складом хромосом, як і в материнської. А в мейозі на одне подвоєння ДНК припадає два поділи клітини, у результаті чого утворюються дочірні клітини з гаплоїдним набором хромосом, що відрізняються від материнської кількістю хромосом.

У мейозі більш тривала і складна профаза I, тому що в ній відбувається кросинговер. Для мітозу цей процес не характерний.

Опорні точки

Мейоз — це особливий спосіб поділу клітин, у результаті якого відбувається редукція кількості хромосом удвічі й перехід клітин із диплоїдного стану ($2n$) у гаплоїдний (n).

За допомогою мейозу утворюються статеві клітини (гамети) і спори вищих рослин.

Біологічне значення мейозу полягає в забезпеченні постійності каріотипу в ряді поколінь організмів даного виду, для чого в мейозі на одне подвоєння ДНК припадає два поділи клітини, що дозволяє зменшити кількість хромосом удвічі.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке мейоз?
2. Які клітини утворюються після першого поділу мейозу?
3. Який механізм дозволяє під час мейозу зменшити кількість хромосом удвічі?
4. • Яку біологічну роль відіграє кросинговер?
5. • Чим подібні й відмінні мітоз і мейоз?
6. •• У чому полягає біологічна роль мейозу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7*

Тема. Порівняння мітозу й мейозу

Мета: навчитися порівнювати фази мітозу і мейозу та робити висновки.

Обладнання й матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати клітин на різних стадіях мітотичного і мейотичного циклу, малюнки різних стадій мітотичного та мейотичного поділу клітин.

Хід роботи

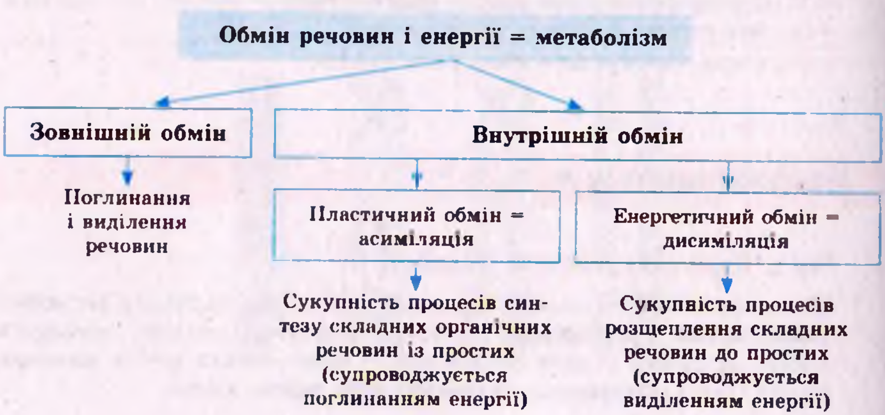
1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. Знайдіть на препараті клітини, що діляться за допомогою мітозу. Розгляньте їх і порівняйте з мал. 28.2, с. 156—157. Знайдіть на препараті клітини, які діляться за допомогою мейозу. Розгляньте їх і порівняйте з мал. 29.1, с. 160—161.
3. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть клітини, які перебувають на стадії метафази мітозу. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть клітини, що перебувають у стадії метафази I мейозу. Порівняйте побачене з мал. 28.2 (с. 156—157) і мал. 29.1 (с. 160—161).
4. Зробіть висновки.

§ 30. Обмін речовин та енергії у клітині

Обмін речовин

Обмін речовин та енергії у клітині називають також **метаболізмом**. Метаболізм здійснюється не лише на клітинному рівні, а й на тканинному й організмовому рівнях. Він забезпечує постійність внутрішнього середовища клітини й організму в безперервно змінюваних умовах існування. Така постійність називається **гомеостазом**.

Обмін речовин складається із двох взаємопов'язаних і взаємозалежних процесів. Це процеси **дисиміляції**, у яких відбувається розщеплення органічних речовин і виділена енергія використовується для утворення АТФ, і процеси **асиміляції**, в яких енергія АТФ витрачається на синтез власних необхідних для організму речовин.



Процеси дисиміляції називають також **катаболізмом** та **енергетичним обміном**, а процеси асиміляції — **анаболізмом** і **пластичним обміном**. Так багато синонімів щодо того самого поняття виникло тому, що реакції обміну речовин вивчали вчені різних біологічних спеціальностей: біохіміки, фізіологи, молекулярні біологи, цитологи, генетики. Проте всі назви прижилися й активно використовуються науковцями.

Енергетичний обмін

Енергетичний обмін (катаболізм, дисиміляція) — це сукупність реакцій розщеплення складних органічних сполук до більш простих молекул із виділенням енергії. Частина цієї енергії йде на синтез молекул **АТФ**, багатих на енергетичні зв'язки.

Розщеплення органічних речовин здійснюється в цитоплазмі без участі кисню і в мітохондріях за участю кисню.

Енергетичний обмін відбувається поетапно.

На **підготовчому етапі** під впливом ферментів полісахариди розщеплюються на моносахариди, жири розщеплюються до гліцерину і жирних кислот, білки — до амінокислот, нуклеїнові кислоти — до нуклеотидів. При цьому виділяється незначна кількість енергії, яка розсіюється у вигляді тепла.

Безкисневий етап (анаеробне дихання, або гліколіз) — моноступінчасте розщеплення глюкози без участі кисню.

Речовини, що утворилися на підготовчому етапі,— глюкоза, гліцерин, органічні кислоти, амінокислоти та ін.— починають свій подальший розпад. Це складний багатоступінчастий процес. Він складається з низки послідовних ферментативних реакцій. Сумарне рівняння гліколізу:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ = 2C_3H_6O_3 + 2АТФ + 2H_2O$$

Енергія, що вивільняється під час реакцій гліколізу, не вся переходить у тепло. Частина її іде на синтез двох багатих на енергію фосфатних зв'язків. При розпаданні однієї молекули глюкози під час гліколізу і спиртового бродіння утворюються дві молекули **АТФ**. Таким чином клітина зберігає 40 % енергії.

Етап кисневого розщеплення, або дихання.

Пригадайте

Кисневе дихання — етап аеробного дихання, або кисневого розщеплення, який відбувається на кристах мітохондрій. На цьому етапі речовини попереднього етапу розщеплюються до кінцевих продуктів розпаду — води й вуглекислого газу. У результаті розщеплення двох молекул молочної кислоти утворюються 36 молекул АТФ.

Кисневе дихання — основний етап у забезпеченні клітини енергією. Він у 18 разів ефективніший за безкисневий етап.

Сумарне рівняння кисневого розщеплення:

$$2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36АДФ = 6CO_2 + 38H_2O + 36АТФ$$

Енергетичний обмін в аеробних клітинах рослин, грибів і тварин відбувається однаково. Це свідчить про їх спорідненість.

Аеробні організми

Аеробні організми, або **аероби**, — це організми, які можуть жити й розвиватися лише за наявності в середовищі вільного кисню, який вони використовують як окисник.

До аеробних організмів належать усі рослини, більшість найпростіших і багатоклітинних тварин, майже всі гриби. Тобто значна частина відомих живих істот. У деяких тварин здатність існувати без кисню (анаеробіоз) спостерігається як вторинне пристосування.

Особливе місце серед аеробних організмів посідають організми, здатні до фотосинтезу, — рослини та ціанобактерії. Кисень, що вони виділяють, забезпечує розвиток усіх інших аеробних організмів.

Анаеробні організми

Анаеробні організми, або **анаероби**, — це організми, які не потребують кисню для нормальної життєдіяльності. Є облігатні (обов'язкові) анаеробні організми, які можуть існувати тільки за відсутності кисню і гинуть від зіткнення з ним. Це переважно бактерії. Але є й факультативні анаероби, здатні рости в середовищі, де є кисень. До них належать деякі бактерії та гриби, найпростіші, черви та інші організми.

Термін «анаероби» увів Луї Пастер, який у 1861 р. відкрив бактерії маслянокислого бродіння.

Облігатні анаероби здійснюють азотфіксацію в кореневих бульбочках бобових рослин або у ґрунті, розщеплюють клітковину в кишечниках жуйних тварин. Вони тільки частково розкладають рослинні залишки, утворюючи торф. Процеси розкладання субстрату анаеробними організмами називають бродінням, гниттям тощо.

Пластичний обмін

Пластичний обмін (анаболізм, асиміляція) — один із виявів обміну речовин, який охоплює процеси синтезу амінокислот, моносахаридів, жирних кислот, нуклеотидів, полісахаридів, макромолекул білків, нуклеїнових кислот.

Пластичний обмін — синтез власних органічних сполук з отриманих поживних речовин, відбувається з використанням енергії, отриманої під час окиснення. Процес відбувається у три етапи.

На першому етапі йде синтез проміжних сполук із низькомолекулярних речовин.

На другому етапі здійснюється синтез «будівельних блоків» із проміжних сполук.

На третьому етапі відбувається синтез макромолекул білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, жирів із «будівельних блоків».

У результаті пластичного обміну синтезуються властиві організму білки, жири, вуглеводи, які, у свою чергу, ідуть на створення нових клітин, органів, міжклітинної речовини. Прикладом пластичного обміну є біосинтез білків, який ви вивчали раніше.

Значення пластичного обміну полягає у забезпеченні клітини будівельним матеріалом для створення клітинних структур і органічними речовинами, які використовуються в енергетичному обміні.

Опорні точки

Обмін речовин та енергії у клітині забезпечує підтримання гомеостазу. Обмін речовин складається із двох взаємопов'язаних і взаємозалежних процесів — процесів дисиміляції, у яких відбувається розщеплення органічних речовин і виділена енергія використовується для утворення АТФ, і процесів асиміляції, в яких енергія АТФ витрачається на синтез власних необхідних для організму речовин.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що називають метаболізмом?
2. Які організми називають аеробними, а які — анаеробними?
3. Чому саме кисневий етап є основним етапом у забезпеченні клітини енергією?
4. Які етапи характерні для енергетичного обміну?
5. Які етапи характерні для пластичного обміну?
6. У чому полягають відмінності аеробних та анаеробних організмів?
7. Як взаємопов'язані пластичний та енергетичний обміни?

§ 31. Сучасна клітинна теорія. Цитотехнології

Сучасна клітинна теорія

Клітина є елементарною структурно-функціональною одиницею живого. Уперше це встановили Маттіас Шлейден і Теодор Шванн, які і є засновниками клітинної теорії. У своїй роботі «Мікроскопічні дослідження про відповідність у структурі й рості тварин і рослин», написаній у 1839 р., Т. Шванн так сформулював основні положення клітинної теорії:

1. Усі організми складаються з однакових частин — клітин; вони утворюються і ростуть за одними й тими самими законами.
2. Загальний принцип розвитку для елементарних частин організму — утворення клітин.
3. Кожна клітина в певних межах є індивідуумом. Але ці індивідууми діють спільно, так що виникає гармонійне ціле. Усі тканини складаються із клітин.
4. Процеси, які виникають у клітинах рослин, можуть бути зведені до таких: 1) виникнення нових клітин; 2) збільшення розміру клітини; 3) перетворення клітинного вмісту на потовщення клітинної стінки.

М. Шлейден і Т. Шванн помилково вважали, що клітини в організмі виникають із первинної неклітинної речовини. Пізніше, у 1859 р., Рудольф Віхров сформулював одне з найважливіших положень клітинної теорії: «Будь-яка клітина походить з іншої клітини... Там, де виникає клітина, їй повинна передувати клітина, подібно до того, як тварина походить тільки від тварини, а рослина — тільки від рослини».

Клітинна теорія розвивалася. У межах цієї теорії був сформульований висновок про те, що клітина — це не лише одиниця певної структури, а й основа розвитку багатоклітинного організму, основа для перебігу фізіологічних і біохімічних процесів в організмі. Біохімічні дані дозволили зробити висновок про подібність хімічного складу всіх клітин і ще раз підтвердили єдність усього органічного світу.

Сучасна клітинна теорія включає такі положення:

1. Клітина — основна одиниця будови й розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця живого.
2. Клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за своєю будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності й обміну речовин.
3. Розмноження клітин відбувається шляхом їх поділу, і кожна нова клітина утворюється в результаті поділу материнської клітини.
4. У складних багатоклітинних організмах клітини спеціалізовані за виконуваними функціями й утворюють тканини; із тканин складаються органи, які нерозривно взаємопов'язані й підпорядковані нервовим і гуморальним системам регуляції.

Дослідження клітини тривають, але теоретичною основою для них, як і раніше, є клітинна теорія. Клітинна теорія — одне з найважливіших узагальнень біологічної науки.

Цитотехнології

Цитотехнології — це сукупність методів, які використовуються для конструювання нових клітин. Серед цих методів — культивування і клонування клітин на спеціально дібраних середовищах, гібридизація клітин, пересадження клітинних ядер та інші мікрохірургічні операції з «розбирання» і «збирання» життєздатних клітин з окремих фрагментів.

Цитотехнології, або клітинні технології, — це основа клітинної інженерії, перспективного напряму розвитку сучасної біотехнології.

Учені розробили різноманітні методи вирощування (культивування) у штучних умовах клітин рослин, тварин і людини.

Досягнення цитотехнології

Одним із досягнень клітинної інженерії рослин є **клональне мікророзмноження** рослин на основі культури тканин. Цей метод ґрунтується на дивовижній властивості рослин: з окремої клітини чи шматочка тканини за певних умов може вирости ціла рослина, здатна нормально рости і розвиватися. Завдяки цьому методу з невеликої частини рослини можна отримати до 1 млн рослин за рік.

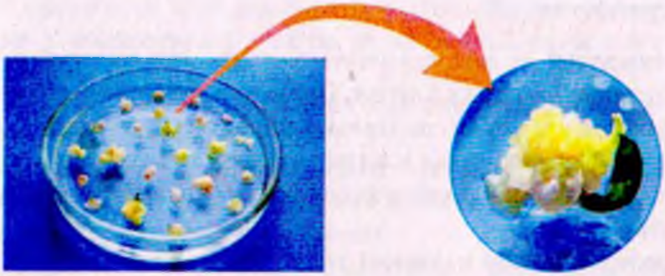
Клональне мікророзмноження використовується для швидкого розмноження рідкісних, цінних сортів сільськогосподарських культур та для створення нових сортів.

Методи клітинної інженерії дозволяють значно прискорити селекційний процес при виведенні нових сортів хлібних злаків та інших важливих сільськогосподарських культур. Термін їх отримання зменшується до 3—4 років, тоді як за умови застосування звичайних методів селекції на цей процес витрачається 10—12 років.

Ще одним перспективним способом виведення нових сортів цінних сільськогосподарських культур є **метод злиття клітин**, що дозволяє отримувати гібриди, які не можуть бути створені звичайним шляхом схрещування через бар'єр міжвидової несумісності. Методом злиття клітин отримані, наприклад, гібриди різних видів картоплі, томатів, ріпаку й турнепсу.

Принципом штучного вирощування клітин рослин на живильних середовищах є вирощування у вигляді суспензії в рідкому живильному середовищі або калусної культури на твердому живильному середовищі.

Калусом називають недиференційовані клітини, з яких може розвинутися ціла рослина (мал. 31.1). У біології рослин калусом називають також клітини, що утворюються на рановій поверхні рослини. Калусна тканина сприяє заростанню ран.



Мал. 31.1. Калус

Перевага клітинної інженерії в тому, що вона дозволяє експериментувати з клітинами, а не з цілими організмами. Клітинна інженерія застосовується для розв'язання творчих проблем у біотехнології, для створення нових форм рослин, яким притаманні корисні властивості, наприклад висока продуктивність, і водночас стійкість до хвороб.

Опорні точки

За сучасною клітинною теорією, клітина — основна одиниця будови й розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця живого. Клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за своєю будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності й обміном речовин. Розмноження клітин відбувається шляхом їх поділу.

Цитотехнології — це сукупність методів, які використовуються для конструювання нових клітин і є основою клітинної інженерії. Клітинна інженерія застосовується для створення нових форм організмів, яким притаманні корисні ознаки.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що є елементарною структурно-функціональною одиницею живого?
2. Що є спільного й відмінного в сучасній клітинній теорії і тій, що була створена у XIX ст.?
3. Як використовуються калусні культури?
4. Яку практичну користь дає клональне мікророзмноження рослин на основі культури тканин?
5. У чому полягають переваги клітинної інженерії?
6. З якою метою застосовуються методи культивування і клонування клітин на спеціально дібраних середовищах?

Теми для проектної і групової роботи

1. Подібність і відмінності в будові клітин організмів різних царств у зв'язку зі способом їхнього життя.
2. Значення стабільності каріотипу для існування виду.
3. Значення вивчення каріотипу для діагностування і профілактики спадкових хвороб людини.
4. Можливості цитотехнологій.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тестова перевірка знань за розділом II. Клітинний рівень організації життя

Укажіть правильні відповіді

1. Клітинну теорію у 1839 р. сформулювали вчені:
   а) Роберт Гук і Антоні ван Левенгук;
   б) Джеймс Уотсон і Френсіс Крік;
   в) Теодор Шванн і Маттіас Шлейден;
   г) Альфред Уоллес і Чарлз Дарвін.
2. Бактерії круглої форми називаються:
   а) коками; в) вібріонами;
   б) бацилами; г) спірилами.
3. Молекули фосфоліпідів розташовуються в мембрані у вигляді:
   а) одинарного шару; в) потрійного шару;
   б) подвійного шару; г) узагалі не входять до складу мембран.
4. У більшості бактерій клітинна стінка складається з високомолекулярної речовини:
   а) целюлози; в) муреїну;
   б) хітину; г) крохмалю.

5. Клітинна органела, що бере безпосередню участь в утворенні оболонки ядра:
а) лізосома;
б) центріолі;
в) ендоплазматична сітка;
г) апарат Гольджі.
6. Аутосоми — це:
а) статеві хромосоми;
б) великі хромосоми;
в) усі хромосоми, крім статевих;
г) малі хромосоми.
7. Центріолі необхідні для формування:
а) джгутиків і війок;
б) мітохондрій;
в) хлоропластів;
г) апарату Гольджі.
8. На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки відбувається синтез:
а) вуглеводів;
б) білків;
в) жирів;
г) вітамінів.
9. Усередині первинних лізосом містяться:
а) вітаміни;
б) жири;
в) гідролітичні ферменти;
г) синтетази.
10. Вакуолі рослинних клітин утворюються:
а) з апарату Гольджі;
б) бульбашок, що відокремлюються від ендоплазматичної сітки;
в) первинних лізосом;
г) плазматичної мембрани.
11. Оболонка мітохондрії складається з:
а) з двох мембран — зовнішньої та внутрішньої;
б) однієї мембрани — зовнішньої;
в) трьох мембран — зовнішньої, середньої та внутрішньої;
г) крист.
12. Нові мітохондрії утворюються:
а) з апарату Гольджі;
б) шляхом поділу вже існуючих у клітині мітохондрій;
в) шляхом перетворення ендоплазматичної сітки;
г) шляхом самозбирання.
13. У результаті гліколізу утворюється:
а) одна молекула АТФ;
б) дві молекули АТФ;
в) 36 молекул АТФ;
г) 38 молекул АТФ.
14. Автономія мітохондрій полягає в тому, що вони:
а) двомембранні;
б) мають власну кільцеву молекулу ДНК;
в) більші, ніж інші органели;
г) містять власний апарат із рибосом та всіх видів РНК.
15. Тилакоїди — це компоненти структури:
а) мітохондрії;
б) ядра;
в) хлоропластів;
г) апарату Гольджі.

16. За будовою хлоропласти подібні з:
а) апаратом Гольджі; б) лізосомами;
в) мітохондріями; г) ендоплазматичною сіткою.

17. Кисень, що виділяється в процесі фотосинтезу, походить із молекули:
а) глюкози; в) води;
б) вуглекислого газу; г) крохмалю.

18. Хроматиди — це дочірні хромосоми, які:
а) не є гомологами;
б) містять різний набір генів;
в) містять подібний набір генів;
г) мають різну морфологічну будову.

19. У процесі мітозу ядерця зникають у:
а) метафазі; б) профазі; в) телофазі; г) інтерфазі.

20. У процесі мейозу кросинговер відбувається у:
а) метафазі II; в) телофазі II;
б) профазі I; г) анафазі I.

21. Посередником між реакціями енергетичного та пластичного обміну є:
а) молекула глюкози; в) молекула ДНК;
б) молекула АТФ; г) молекула РНК.

22. Синтез нуклеїнових кислот у ядрі називають:
а) трансляцією; в) транслокацією;
б) транскрипцією; г) трансдукцією.

23. Цитотехнології — це сукупність методів конструювання нових:
а) молекул; в) екосистем;
б) клітин; г) біоценозів.

24. На безкисневому етапі енергетичного обміну на одну молекулу глюкози синтезується:
а) 2 молекули АТФ; в) 8 молекул АТФ;
б) 6 молекул АТФ; г) 38 молекул АТФ.

25. Визначте послідовність дій у процесі синтезу білка:
а) трансляція;
б) вихід іРНК з ядра у цитоплазму;
в) утворення просторової структури молекули білка;
г) транскрипція.

26. Визначте послідовність дій у мітозі:
а) гомологічні пари хромосом розходяться до різних полюсів клітини;
б) починається спіралізація хроматину;
в) подвоюється кількість ДНК;
г) утворюється метафазна пластинка.

27. Визначте послідовність дій у мейозі:
   а) утворення гаплоїдних клітин;
   б) утворення диплоїдних клітин;
   в) кросинговер;
   г) подвоєння ДНК.

28. Визначте послідовність пластичного обміну:
   а) виконання синтезованими сполуками їхніх біологічних функцій;
   б) синтез «будівельних блоків» із проміжних сполук;
   в) синтез макромолекул білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, жирів із «будівельних блоків»;
   г) синтез проміжних сполук із низькомолекулярних речовин.

29. Визначте відповідність між назвою органели й виконуваними нею функціями:
   1) система синтезу й транспортування вуглеводів і ліпідів;
   2) система синтезу й транспортування білків;
   3) інформаційний центр клітини, відповідальний за процеси збереження, зміни, передавання й реалізації спадкової інформації;
   4) місце нагромадження, сортування, упакування й подальшого транспортування речовин по клітині.

   а) ядро;
   б) рибосоми;
   в) гранулярна ендоплазматична сітка;
   г) гладенька ендоплазматична сітка;
   д) апарат Гольджі.

30. Визначте відповідність між молекулами нуклеїнових кислот та їхніми функціями під час синтезу білка:
   1) інформаційна РНК;
   2) транспортна РНК;
   3) рибосомна РНК;
   4) ДНК.

   а) є універсальним переносником енергії;
   б) є матрицею для синтезу всіх типів РНК;
   в) будучи частиною рибосоми, бере участь у синтезі білка, функціонує в цитоплазмі;
   г) переносить до місця синтезу білка амінокислоту й визначає, у яке місце білкового ланцюга її треба поставити, функціонує в цитоплазмі;
   д) є матрицею для синтезу білка, функціонує в цитоплазмі разом із рибосомою.



РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неклітинні форми життя

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- віруси, пріони, їхню будову, життєві цикли;
- роль вірусів і пріонів у природі й житті людини;
- профілактику ВІЛ-інфекції/СНІДу та інших вірусних хвороб людини.

Навчитеся:

- обґрунтовувати способи боротьби з вірусними захворюваннями;
- застосовувати знання про процеси життєдіяльності вірусів для профілактики вірусних хвороб людини, тварин, рослин;
- дотримуватися правил поведінки в місцях, де можливе зараження вірусами.

§ 32. Віруси та їхня будова

Неклітинні форми життя

Клітина — це елементарна структурно-функціональна одиниця живого. Але є форми життя, які розмножуються тільки всередині живих клітин і, не маючи власного обміну речовин, виявляють такі властивості живого, як спадковість, мінливість. Такі форми життя вчені назвали **неклітинними формами життя**. До них належать **віруси**.

За своєю природою віруси є облігатними (обов'язковими) внутрішньоклітинними паразитами.

Віруси розпізнаються за наслідками свого розвитку в клітинах хазяїна. Вони руйнують цілі комплекси клітин, спричиняють ураження тканин, що призводить до різних захворювань.

Хазяїнами вірусів є рослини, тварини та мікроорганізми.

Крім вірусів, є й інші структури, які демонструють окремі властивості живого і можуть спричинити захворювання в різних групах організмів, наприклад віроїди, вірусоїди і пріони.

Віроїди — це позбавлені оболонки невеликі молекули кільцевої, зазвичай одноланцюгової, РНК, що спричиняють захворювання рослин.

Вірусоїди схожі на віроїди, але включені у структуру вірусу-помічника і реплікуються лише з його допомогою.

Пріони — це особливий клас інфекційних агентів, винятково білкових, які не містять нуклеїнових кислот; вони спричиняють тяжкі захворювання центральної нервової системи в людини та деяких вищих тварин.

Історія відкриття вірусів

Уперше віруси (від латин. *virus* — отрута) були описані ботаніком Д. Івановським у 1892 р. Учений виявив, що збудник тютюнової мозаїки проходить крізь фільтр, що затримує бактерії. Він показав, що профільтрований крізь такий фільтр екстракт рослин тютюну, заражених тютюновою мозаїкою, зберігає здатність спричиняти захворювання у здорових рослин. Збудник ящуру великої рогатої худоби, який фільтрується, був виявлений у 1897 р. німецьким бактеріологом Ф. Лефлером. Першим виявленим вірусом людини був вірус жовтої пропасниці, відкритий американським хірургом У. Рідом у 1901 р.

Походження вірусів

Існує кілька гіпотез, що пояснюють походження вірусів.

По-перше, вчені припускають, що великі ДНК-вмісні віруси походять від більш складних внутрішньоклітинних паразитів, що втратили значну частину свого геному. І справді, великі ДНК-вмісні віруси, наприклад вірус віспи, можуть мати надлишкову інформацію.

Інші дослідники вважають, що деякі ДНК-вмісні віруси еукаріотів, імовірно, походять від мобільних (рухливих) елементів — ділянок ДНК, які можуть здійснювати самостійну реплікацію в клітині.

Походження деяких РНК-вмісних вірусів пов'язують із віроїдами. Вважається, що віроїди є частиною іРНК — «втікачкою», яка випадково набула здатності до реплікації. Білків віроїди не кодують. Відомі

приклади вірусів, які містять виражені віроїдоподібні ділянки, наприклад вірус гепатиту Дельта.

У цілому вважається, що віруси виникли внаслідок відокремлення певних генетичних елементів клітини, які набули здатності передаватися від організму до організму.

Як це може відбуватися?

Відомо, що в нормальній клітині відбувається переміщення генетичних структур — мобільних елементів.

Мобільні елементи геному — це послідовності ДНК, які можуть переміщуватися всередині геному живих організмів. Існує кілька класів мобільних елементів геному, які відрізняються будовою і способом переміщення.

Найпростішим різновидом мобільних елементів є **інсерційні елементи**, які не несуть ніякої генетичної інформації, за винятком тієї, що необхідна для транспозиції — переміщення.

Транспозони — це сегменти ДНК, які контролюють власне переміщення з однієї ділянки ДНК в іншу шляхом вирізання з вихідної ділянки і проникнення в нову.

Плазміди — це чинники спадковості, розміщені в клітинах поза хромосомами. До плазмід належать ДНК мітохондрій і хлоропластів та генетичні фактори, які не виступають обов'язковими компонентами клітин (наприклад епісоми).

Такі рухливі елементи в процесі еволюції могли набути білкових оболонок і започаткувати нові неклітинні форми життя — віруси. Оскільки це автономні генетичні структури, їм притаманна низка атрибутів життя, зокрема здатність розмножуватися і еволюціонувати.

Будова вірусів

Віруси тривалий час залишалися недослідженими через те, що були дуже дрібними (від 20 до 300 нм). Тільки поява електронного мікроскопа дозволила вивчити їхню будову.

Зріла вірусна частинка (або віріон) складається з нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК), оточеної білковою оболонкою (капсидом) (мал. 32.1) одного або кількох типів. Деякі віруси мають також зовнішню оболонку, яка містить ліпіди. Жодних інших структур віруси не мають, у них немає власного обміну речовин, вони можуть розмножуватися тільки всередині клітин, використовуючи їхній білоксинтезуючий апарат, речовини і енергетичні ресурси.

Усередині капсиду можуть бути необхідні для реплікації вірусу білки, такі як фермент зворотна транскриптаза, характерний для РНК-ретровірусів і необхідний для утворення молекули вірусної ДНК.



Мал. 32.1. Будова вірусу

Віруси відрізняються від мікроорганізмів такими особливостями:

- вони містять нуклеїнову кислоту лише одного типу — або ДНК, або РНК;
- для їх репродукції необхідна тільки вірусна нуклеїнова кислота;
- вони не можуть розмножуватися поза живою клітиною;
- поза живою клітиною вони не виявляють жодних властивостей живого.

Бактеріофаги

Віруси, що уражають бактерії, називаються **бактеріофагами**. Бактеріофаги (від слова «бактерія» та грец. *phagos* — пожирач; буквально — пожирачі бактерій), фаги, бактеріальні віруси спричиняють руйнування бактерій та інших мікроорганізмів.

Бактеріофаги складаються з ікосаедричної головки з молекулою ДНК або РНК всередині, що прилягає до стрижня, на кінці якого є основна пластинка з хвостовими відростками (мал. 32.2).



а



б

Мал. 32.2. Будова булавоподібного бактеріофага (а); мікрофотографія (*б*)

Опорні точки

Віруси — це неклітинні форми життя, внутрішньоклітинні паразити. Кожна вірусна частинка складається з невеликої кількості генетичного матеріалу (ДНК або РНК), оточеного білковою оболонкою (капсид). У складі деяких вірусів є вуглеводи і жири. Деякі віруси мають додаткову оболонку, що утворюється із плазматичної мембрани клітини-хазяїна.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Що таке віруси?
2. Яку роль можуть відігравати вірусні білки?
3. У якому вигляді представлений у вірусах генетичний матеріал?
4. • Чим віруси відрізняються від мікроорганізмів?
5. • Що спільного й відмінного в будові вірусів рослин і вірусів тварин?
6. •• Яку роль могли відігравати рухливі генетичні елементи в походженні вірусів?
7. •• Чому віруси називають неклітинними формами життя?

§ 33. Життєві цикли вірусів

Стадії життєвого циклу вірусів

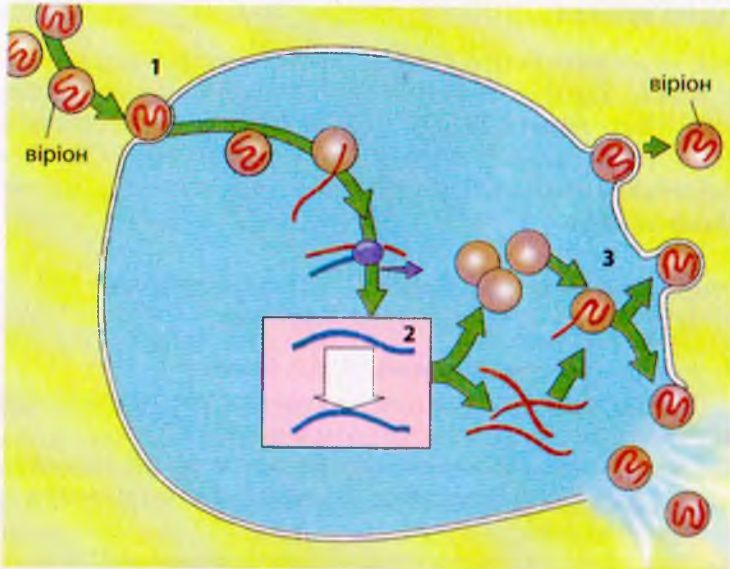
Життєві цикли можуть дуже відрізнятися у різних вірусів. Найбільш типовий процес потрапляння вірусу до клітини починається із приєднання вірусного капсиду до специфічного для даного вірусу рецептора, який є на поверхні мембрани клітини-мішені. Проникнення до клітини приєднаного до мембрани вірусу відбувається за рахунок ендоцитозу або злиття клітинної мембрани й оболонки вірусу.

Усередині клітини-хазяїна вірусний капсид руйнується під впливом клітинних ферментів, вивільняючи вірусний генетичний матеріал, на основі якого синтезуються вірусні іРНК і починається утворення вірусних білків та реплікація вірусного геному.

Потім відбувається самозбирання вірусних частинок. Вихід готових віріонів із зараженої клітини часто супроводжується її руйнуванням.

Таким чином, можна виділити три стадії вірусної інфекції:

- адсорбція вірусу на клітинній мембрані і проникнення вірусу в клітину (мал. 33.1, *1*);
- експресія і реплікація вірусного геному (мал. 33.1, *2*);
- збирання вірусів і їх вихід із клітини (мал. 33.1, *3*).



Мал. 33.1. Життєвий цикл вірусів:
1 — проникнення вірусу в клітину; 2 — експресія і реплікація вірусного геному; 3 — збирання вірусів і їх вихід із клітин

Адсорбція вірусу на клітинній мембрані і механізм проникнення вірусу в клітину

Зараження клітини вірусами починається з адсорбції вірусу на клітинній мембрані, яка відбувається через взаємодію поверхневих білків вірусу з мембранними рецепторами клітини. Різні віруси використовують для зв'язку з мембраною клітини різні клітинні рецептори.

Адсорбовані віруси потрапляють у клітину за допомогою ендоцитозу або шляхом злиття з клітинною мембраною. Опинившись у цитоплазмі, віруси звільняються від більшості білків і починають реплікуватися.

На різних поверхнях епітеліальних тканин механізми адсорбції вірусів та їх проникнення у клітину неоднакові.

Віруси рослин, клітини яких захищені міцною оболонкою із клітковини, можуть проникати в них лише в місцях механічних ушкоджень. Ці віруси можуть розносити комахи.

Клітини тварин, які мають глікокалікс, більш уразливі для вірусів, передусім через свою здатність до фаго- і піноцитозу. Захоплюючи поживні речовини, вони часто «ковтають» і зрілі вірусні частинки.

Якщо клітини з'єднані одна з одною, то вірус може мандрувати, заражаючи одну клітину за іншою.

У багатьох вірусів тварин розвиваються спеціальні пристосування для проникнення у клітину. Наприклад, клітини, що вистилають дихальні шляхи, вкриті захисним шаром слизу, але вірус грипу розріджує цей слиз і проникає до мембрани клітини.

Бактеріофаги проникають у клітини бактерій за допомогою своєї незвичайної будови. Вони являють собою «живий шприц», який впорскує свою нуклеїнову кислоту в клітину хазяїна. Порожня оболонка віріону залишається зовні — вона вже не потрібна, оскільки виконала свою функцію.

*Експресія і реплікація вірусного геному**

Після проникнення вірусів у клітину і «роздягання» вірусний геном і зв'язані з ним вірусні білки опиняються у цитоплазмі. Всередині зараженої клітини відбувається реплікація вірусного геному і синтез структурних вірусних білків, із яких збираються нові віруси.

Існує певний порядок транскрипції вірусних іРНК, які потім транслюються з утворенням білка. Реплікація вірусного геному більшості РНК-вмісних вірусів відбувається в цитоплазмі, а більшості ДНК-вмісних вірусів — у ядрі.

Є віруси, які не мають у своєму складі ферментів. В інших вірусів є ферменти, наприклад РНК-полімераза, яка проникає у клітину разом із вірусним геномом.

Заражаючись вірусом, клітина активує спеціальні механізми противірусного захисту, відбувається перепрограмування клітини. Вона починає синтезувати сигнальні молекули — інтерферони, що активують системи імунітету. Пошкодження, спричинені розмноженням вірусу в клітині, виявляються системами внутрішнього клітинного контролю, і така клітина сама себе вбиває під час апоптозу, або програмованої клітинної смерті.

Виживання вірусу залежить від його здатності долати системи противірусного захисту. Тому велика кількість вірусів у ході еволюції набула здатності пригнічувати синтез інтерферонів і програму здійснення апоптозу. Крім цього, віруси прагнуть створити в клітині максимально сприятливі умови для свого розмноження.

Деякі віруси можуть переходити в латентний (прихований) стан і активуватися лише за певних умов. При цьому вірус успадковується дочірніми клітинами і нерідко включається у клітинний геном. Якщо клітини потрапляють у несприятливе середовище, то вірус стає активним і починає розмножуватися.

Збирання вірусів і вихід їх із клітини

Як тільки вірусні нуклеїнові кислоти і вірусні білки синтезовані в достатній кількості, починається збирання вірусів. Включення нуклеїнових кислот у вірусні капсиди у РНК-вмісних вірусів відбувається у цитоплазмі, а у ДНК-вмісних вірусів — у ядрі.

На останньому етапі репродукції віруси повинні вийти із зараженої клітини і не зв'язуватися знову з її поверхнею.

Вірус, що активно розмножується, не завжди вбиває клітину-хазяїна. Багато вірусів виходять із клітини шляхом відбрунькування від клітинної мембрани, набуваючи при цьому зовнішньої оболонки. У цьому випадку клітина може продовжувати жити і продукувати вірус.

Вихід із клітини вірусів, які не мають зовнішньої оболонки, можливий лише за умови загибелі клітини й розпаду її мембрани.

Опорні точки

Життєві цикли вірусів можуть відрізнятися в різних видів, але відбуваються за загальною схемою. Можна виділити три стадії вірусної інфекції: адсорбція вірусу на клітинній мембрані і проникнення вірусу в клітину; експресія і реплікація вірусного геному; збирання вірусів та їх вихід із клітини.

Механізми проникнення вірусів у клітини людини, тварин, рослин, бактерій відрізняються своїми особливостями.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які особливості мають віруси?
2. Як відбувається проникнення вірусу в клітину?
3. Як здійснюється збирання вірусів і вихід їх із клітини?
4. • У чому полягають особливості життєвого циклу вірусів?
5. • Що відбувається після проникнення вірусу в клітину?
6. • Де відбувається реплікація вірусного геному ДНК-вмісних вірусів і РНК-вмісних вірусів?
7. •• Чим відрізняються механізми проникнення вірусів у клітини людини і тварин, рослин, бактерій?

§ 34. Роль вірусів у природі й житті людини

Роль вірусів у природі

За своєю чисельністю віруси є однією з найбільш поширених форм існування органічної матерії на планеті. Вони є внутрішньоклітинними паразитами усіх царств живих організмів. З їх допомогою може

здійснюватися горизонтальне перенесення генів від однієї систематичної групи організмів до іншої. У цьому полягає важлива еволюційна роль вірусів.

Віруси поширені у природі повсюдно. Вони уражають усі групи живих організмів. Описано приблизно 500 вірусів, які уражають теплокровних хребетних, і понад 300 вірусів, що уражають вищі рослини. Деякі види ракових пухлин у тварин і, можливо, у людини мають вірусну природу.

Виступаючи інфекційними агентами, віруси мають не лише основних хазяїнів, а й інших, у яких вони розмножуються, але шкоди не завдають. Так, наприклад, вірус сказу в природі зберігається серед гризунів, для яких зараження цим вірусом не є смертельним.

Природним резервуаром для вірусів кінських енцефалітів, особливо небезпечних для коней і дещо менше для людини, залишаються птахи. Ці віруси переносяться кровосисними комарами, у яких вірус розмножується без істотної шкоди для комара. Іноді віруси можуть передаватися комахами пасивно, тобто без розмноження в них, але найчастіше віруси розмножуються в тих організмах, які виступають переносниками вірусів.

Для багатьох вірусів, наприклад кору, герпесу, основним природним резервуаром є людина. Передавання цих вірусів відбувається повітряно-краплинним шляхом.

Репродукція вірусів у природі підтримується різними організмами: бактеріями, грибами, найпростішими, рослинами (мал. 34.1, 34.2), тваринами. Наприклад, комахи часто страждають від вірусів, які накопичуються в їхніх клітинах у вигляді великих кристалів. Рослини нерідко уражаються дрібними і просто побудованими РНК-вмісними вірусами. Ці віруси навіть не мають спеціальних механізмів для проникнення у клітину. Вони переносяться комахами (які живляться клітинним соком), круглими червами і контактним способом, заражаючи рослину внаслідок її механічного ушкодження.



Мал. 34.1. Вірус кільцевої плямистості малини, мікрофотографія



Мал. 34.2. Вірус мозаїчної хвороби люцерни, мікрофотографія

Віруси тварин

Віруси є збудниками багатьох небезпечних хвороб тварин і людини. Вони передаються під час безпосереднього фізичного контакту, повітряно-краплинним шляхом та іншими способами. Віруси можуть також поширюватися організмами-переносниками. Наприклад, вірус сказу переносять собаки й кажани.

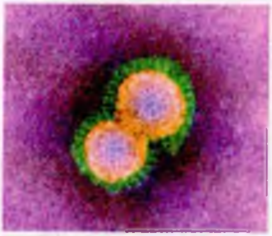
Відомі також кілька вірусів тварин, які можуть інфікувати людину. Деякі віруси можуть набувати такої здатності за певних обставин, наприклад надзвичайно відомий останнім часом вірус пташиного грипу (мал. 34.3).

До серйозних вірусних захворювань тварин можна віднести ящур великої рогатої худоби, рожисте запалення у свиней, чуму птахів і міксоматоз кролів.

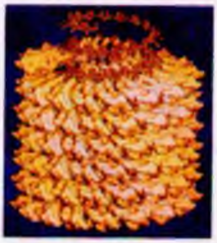
Віруси рослин

У природних умовах віруси рослин поширюються шляхом прямого контакту або через переносників. Нерідко віруси потрапляють у листок через пошкодження, що виникло внаслідок тертя листків один об одного. Передаванню вірусів можуть сприяти і рослини-паразити, багато вірусів переносять комахи. Генетичним матеріалом вірусів рослин найчастіше виступає РНК.

Вірусне зараження рослин зазвичай призводить або до появи жовтих цяточок на листках (так званої мозаїки листків) (мал. 34.4), або до зморшкуватості чи карликовості листків. Віруси спричиняють і затримання росту рослин, що пізніше призводить до зменшення врожаю. Низку серйозних захворювань спричиняють віруси жовтої мозаїки турнепсу, тютюнової мозаїки, карликової кущистості і бронзовості томатів. Поява смуг на пелюстках деяких сортів тюльпанів також зумовлена вірусом.



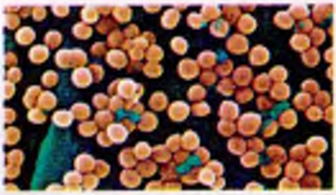
Мал. 34.3. Вірус пташиного грипу, мікрофотографія



Мал. 34.4. Модель вірусу тютюнової мозаїки



Мал. 34.5. Вірус грипу, мікрофотографія



Мал. 34.6. Вірус гепатиту С, мікрофотографія

Роль вірусів у житті людини

Ви вже знаєте, що понад десять основних груп вірусів можуть спричиняти інфекційні захворювання у людини. ДНК-вмісні віруси спричиняють, наприклад, натуральну віспу, герпес, гепатит В, а РНК-вмісні віруси — поліомієліт, гепатит А, гострі застудні захворювання, різні форми грипу, кору та епідемічного паротиту (свинки).

У наш час вірусні інфекції становлять переважну частину інфекційної патології людини. Найпоширенішими серед них є **гострі респіраторні** (ГРВІ) та інші **вірусні інфекції**, що передаються повітряно-краплинним шляхом, збудники яких належать до зовсім різних родин, найчастіше це РНК-вмісні віруси (вірус грипу А, В, С, вірус епідемічного паротиту, віруси парагрипу, кору, риновіруси та ін.) (мал. 34.5).

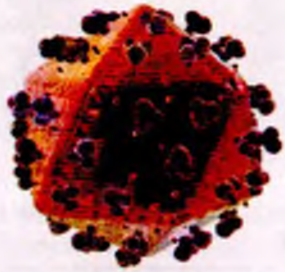
Не менш поширені й **кишкові вірусні інфекційні захворювання,** які спричиняють віруси, що також належать до різних родин РНК- та ДНК-вмісних вірусів.

Дуже поширені в усьому світі такі вірусні інфекційні захворювання, як **вірусні гепатити,** особливо гепатит В, що передається трансмісивним і статевим шляхом. Їх збудники — віруси гепатиту А, В, С, D, E, G, TT — мають різні механізми передачі, але вони можуть потрапляти в клітини печінки (мал. 34.6).

Одна з найбільш відомих вірусних інфекцій — **ВІЛ-інфекція** (мал. 34.7).

Досить поширені в наш час **арбовірусні** інфекційні захворювання. Природні хазяїни їх збудників — дрібні гризуни та їхні зовнішні паразити. Людині ці віруси передаються через укуси кровосисних комах. Більшість цих вірусів є збудниками енцефалітів і геморагічних пропасниць (пропасниці Ебола, Марбурзької пропасниці та ін.).

Доведена роль вірусів і в розвитку деяких пухлин тварин і людини (онкогенні, або онковіруси). Серед відомих вірусів, які виявляють онкогенну дію, є представники як ДНК-вмісних, так і РНК-вмісних вірусів.



Мал. 34.7. Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), модель

Опорні точки

Віруси поширені в природі повсюди й уражають усі групи живих організмів.

До вірусних захворювань тварин належать, наприклад, ящур великої рогатої худоби, рожисте запалення у свиней, чума птахів, міксоматоз кролів. У рослин віруси спричиняють різноманітні мозаїки листя, затримання росту, зменшення врожаю.

До вірусних захворювань людини належать натуральна віспа, герпес, гепатит В, поліомієліт, гепатит А, гострі застудні захворювання, різні форми грипу, кору та епідемічного паротиту.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Яку роль віруси відіграють у природі?
2. Які природні резервуари вірусів ви знаєте?
3. Які вірусні захворювання рослин існують? До яких наслідків вони призводять?
4. Які є вірусні захворювання тварин? До яких наслідків вони призводять?
5. Які є вірусні захворювання людини? До яких наслідків вони призводять?
6. Чому саме віруси можуть здійснювати горизонтальне перенесення генів від однієї систематичної групи організмів до іншої?

§ 35. Пріони, їхня будова, життєві цикли

Пріони

Пріони (від англ. *proteinaceous infectious particles* — білкові інфекційні частинки) — особливий клас інфекційних агентів, що складаються з білків. Пріони спричиняють тяжкі захворювання центральної нервової системи в людини і багатьох вищих тварин.

Пріонний білок має аномальну тривимірну структуру і може спричиняти структурне перетворення гомологічного (тобто схожого на нього) нормального клітинного білка на собі подібний (пріонний). Пріон приєднується до білка-мішені й змінює його конфірмацію (мал. 35.1).

Пріонні білки існують у двох конфірмаціях: нормальній і патогенній, пріоновій. Нормальні білки (природні компоненти клітини), стикаючись із пріонами, можуть перетворюватися на пріони. Діяльність клітини з такими білками порушується, вона гине. Вивільнений пріон може проникати в сусідні клітини, також спричиняючи їх загибель.

Учені ще остаточно не вивчили механізм спонтанного виникнення пріонних інфекцій. Можливо, пріони утворюються внаслідок помилок у біосинтезі білків. Є дані, які дають підстави вважати, що пріони не тільки виступають інфекційними агентами, але й беруть участь у процесах генетично зумовленого старіння.

Життєвий цикл пріонів має свої особливості. За нормальних умов пріони — це нешкідливі клітинні білки, проте вони мають природну здатність перетворюватися на стійкі структури, які спричиняють деякі смертельні захворювання головного мозку в людей і тварин. Уражена ділянка мозку має характерну губчасту структуру, яка свідчить про ураження великої кількості нервових клітин, що призводить до виражених неврологічних симптомів, таких як зниження тонусу м'язів, недоумство, втрата пам'яті і безсоння.

Таким чином, цикл пріонів здійснюється за допомогою трансформації нормального клітинного білка у пріон при зіткненні з пріоном.

Пріонні хвороби можуть бути спадковими, передаватися від хворої до здорової тварини чи людини або виникати спонтанно.



Мал. 35.1. Зміна укладки поліпептидного ланцюга під час перетворення нормального білка (*а*) на пріон (*б*)

Дізнайтеся більше

Пріони відрізняються складом амінокислот, характерних для певного виду.

Відомо багато пріонних родів. Пріони дуже стійкі до звичайних методів дезінфекції. Йонізуюче, ультрафіолетове чи мікрохвильове випромінювання на них практично не впливають. Дезінфекційні засоби, що зазвичай використовуються у медичній практиці, діють на них лише дуже обмежено.

Пріони стійкі до впливу високих температур. Вони витримують температуру +134 °С упродовж 18 хвилин.

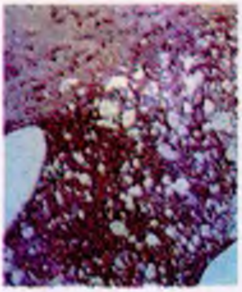
Хвороби людини, спричинені пріонами

Найбільш відомими пріонними інфекціями, пов'язаними з ураженням головного мозку, є хвороба Крейтцфельдта—Якоба, безсоння, хвороба Куру, синдром Герстманна—Штройслера—Шейнкера. Ці захворювання називають губчастими енцефалопатіями, вони є повільними інфекціями, що спричиняють ураження сірої речовини головного мозку і призводять до рухових порушень, психічних розладів, недоумства, врешті-решт — до смерті (мал. 35.2).

По-перше, людина може заразитися пріонами, що містяться в їжі, оскільки вони не руйнуються ферментами травного тракту. Проникаючи через стінку тонкого кишечнику, вони потрапляють у центральну нервову систему (мал. 35.3).

По-друге, за певних умов в організмі людини може відбутися спонтанна трансформація пріонного протеїну у пріон.

По-третє, є особлива група пріонних спадкових захворювань, спричинених мутацією гена пріонного протеїну (білка), яка призводить до перетворення їх на пріони.



Мал. 35.2. Мікрофотографія мозку хворого на губчасту енцефалопатію



Мал. 35.3. Велика рогата худоба може хворіти на губчасту енцефалопатію

Із деяких експериментів відомо, що для виникнення пріонів у тканині достатньо лише тимчасового контакту тканини з матеріалом, що містить пріони (наприклад із використаними хірургічними інструментами, зараженими пріонами).

Роль пріонів у природі й житті людини

Насамперед пріони — це інфекційні агенти, що спричиняють захворювання людини і тварин. Але учені вважають, що пріони виконують певні функції у нормальних біохімічних і фізіологічних процесах. Так, наприклад, існує гіпотеза, що через пріони здійснюється механізм генетично зумовленого старіння.

Учені припускають, що пріони беруть участь у міжклітинному розпізнаванні і клітинній активації. Установлено також, що клітинний пріонний білок підтримує навколодобові ритми активності і спокою у клітинах, тканинах, органах і в організмі в цілому. Цей білок виконує функцію своєрідного «заспокійливого засобу», з певною періодичністю гальмуючи активність клітин, тканин і організму в цілому.

Відомо, що у своїй нормальній формі пріони відповідають за зв'язок між нейронами. Можливо, пріони виконують функцію перемикачів у багатьох важливих біологічних процесах.

Загалом же слід відзначити, що функції пріонів ще недостатньо вивчені.

Опорні точки

Пріони — це особливий клас інфекційних агентів, що складаються з білків і не містять нуклеїнових кислот. Пріони спричиняють тяжкі захворювання центральної нервової системи в людини і деяких вищих тварин.

Пріонні білки існують у двох конфірмаціях: нормальній і патогенній, пріоновій. Нормальні білки (природні компоненти клітини), стикаючись із пріонами, можуть перетворюватися на пріони. Діяльність клітини з такими білками порушується, вона гине.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чи можна ліквідувати пріони за допомогою високої температури і звичайних засобів дезінфекції?
2. Чи може людина заразитися пріонами, що містяться в їжі?
3. Чим пріони відрізняються від вірусів?
4. • У чому особливості життєвого циклу пріонів?
5. • Що є спільного в перебігу захворювань, які спричиняють пріони?
6. •• Яку роль відіграють пріони у природі і житті людини?

§ 36. Профілактика ВІЛ-інфекції (СНІДу) та інших вірусних захворювань людини

Шляхи поширення вірусних захворювань

Віруси можуть спричинити захворювання людини різного ступеня тяжкості. Вірусні захворювання поділяють на такі, що на них хворіє тільки людина, і такі, що передаються від тварин людині.

Існує кілька основних шляхів передавання вірусної інфекції (мал.36.1).

Харчовий шлях, при якому вірус потрапляє в організм людини із забрудненими продуктами харчування і водою (вірусний гепатит А, Е та ін.)

Парентеральний шлях (через кров), при якому вірус потрапляє безпосередньо у кров або внутрішнє середовище людини. Це відбувається переважно внаслідок застосування заражених хірургічних інструментів або шприців, при незахищеному статевому контакті, а також трансплацентарно від матері до дитини. Таким шляхом передаються віруси, що швидко руйнуються у навколишньому середовищі, наприклад вірус гепатиту В, ВІЛ, вірус сказу.

Дихальний шлях, для якого характерний повітряно-краплинний механізм передавання, при якому вірус потрапляє в організм людини разом із вдихуваним повітрям, що містить частинки мокротиння і слизу, викинутих хворою людиною чи твариною. Це найбільш небезпечний шлях, оскільки з повітрям вірус може переноситися на значні відстані і спричиняти епідемії. Так передаються, наприклад, віруси грипу, вітряної віспи.

Контактний шлях, коли хворий витирає ніс чи сякається, інфікований слиз потрапляє йому на руки. Потім під час прямого контакту (потисканні рук) або через інші предмети (наприклад дверні ручки, посуд, спільні рушники, іграшки, телефон) вірус потрапляє на шкіру іншої людини.



Мал. 36.1. Шляхи поширення вірусних захворювань

Дізнайтеся більше

Більшість вірусів мають певну спорідненість з тим чи іншим органом. Наприклад, віруси гепатиту розмножуються переважно у клітинах печінки. За типом органів-мішеней, які уражаються під час тієї чи іншої хвороби, розрізняються такі види вірусних захворювань: кишкові, респіраторні (дихальні), такі, що уражають центральну і периферичну нервову систему, внутрішні органи, шкіру і слизові оболонки, судини, імунну систему та ін.

Первинне розмноження вірусу на місці його проникнення в організм змінюється стадією проникнення вірусу в кров, з током якої він розноситься в різні органи, де спричиняє вторинні ушкодження. Для таких інфекцій характерний тривалий інкубаційний період, а імунітет, що залишається після перенесеного захворювання, як правило, тривалий час захищає організм від повторного зараження цим самим вірусом.

Профілактика ВІЛ-інфекції, гепатитів та інших вірусних захворювань людини

Інфекційні вірусні захворювання виникають за наявності трьох основних чинників: джерел інфекції, сприятливих умов для поширення збудників і сприйнятливої до захворювань людини. Якщо із цього ланцюга вилучити хоча б одну ланку, епідемічний процес припиняється.

Найбільш надійним способом боротьби з вірусними захворюваннями є їх профілактика. Принципи профілактики вірусних захворювань ґрунтуються на знаннях про будову й особливості життєвих циклів вірусів.

Профілактика інфекційних хвороб — це система комплексних заходів, які включають: запобігання появі інфекційних захворювань, обмеження поширення інфекційних захворювань, ліквідацію конкретних інфекційних хвороб шляхом створення в людини імунітету до них. У процесі профілактики вірусних інфекційних захворювань проводяться спеціальні заходи, діагностичні дослідження, застосовуються різноманітні лікувально-профілактичні засоби.

Важливе значення має своєчасне виявлення інфекційних хворих, їх рання ізоляція і госпіталізація. Для розриву шляхів передавання інфекції необхідно контролювати дотримання правил особистої та громадської гігієни.

До специфічної профілактики вірусних захворювань належать:

- діагностика — проведення вірусологічних та інших досліджень для виявлення та ідентифікації збудників хвороб;

- застосування спеціальних лікувально-профілактичних засобів, що попереджають зараження людини і підвищують природну стійкість до вірусів;
- імунопрофілактика — попередження певних інфекційних хвороб шляхом проведення імунізації для створення штучного імунітету.

Сучасні методи вакцинації та імунізації поділяються на три основні групи. По-перше, це використання ослабленого штаму вірусу, котрий стимулює в організмі продукування антитіл, що ефективно діють проти більш патогенного штаму. По-друге, введення вбитого вірусу, котрий теж індукує утворення антитіл. Третій варіант — «пасивна» імунізація, тобто введення уже готових «чужих» антитіл.

Система протиепідемічних заходів, спрямованих на ізоляцію осередку зараження і ліквідацію інфекційних захворювань у ньому, називається **карантином**. Наприклад, при гепатиті А тривалість карантину — 35 днів.

Особливо важливою є профілактика ВІЛ-інфекції.

ВІЛ — це добре вивчений вірус, і кожна людина може використовувати знання про нього, щоб захистити себе. Оскільки ВІЛ-інфекція невиліковна, то головною зброєю у боротьбі з поширенням інфекції є профілактика — запобігання новим зараженням.

Дізнайтеся більше

Тестування на ВІЛ, згідно із законодавством України, добровільне і безкоштовне. Інформація про результати обстеження конфіденційна. У кожному обласному центрі є медичні установи боротьби зі СНІДом. У районних лікарнях приймають аналіз крові на ВІЛ-інфекцію з подальшим відправленням забраної крові для лабораторної діагностики в обласні центри.

Інформацію про те, чи є в організмі людини ВІЛ, дає тестування. Про що говорить результат аналізу? Негативний результат означає, що у крові людини антитіла не виявлені, вона не заражена ВІЛ.

Позитивний результат означає, що у крові людини були виявлені антитіла. Це означає, що людина інфікована ВІЛ. Остаточний діагноз визначається лише після повторних тестів.

Профілактика СНІДу нерозривно пов'язана зі здоровим способом життя. Здоровий спосіб життя різко зменшує ризик зараження ВІЛ. Якщо людина усвідомлює важливість своїх рішень, пов'язаних зі збереженням здоров'я, розуміє шляхи передавання вірусу, небезпеку СНІДу, його фактичну невиліковність, то вона зможе уникнути небезпечних ситуацій. До груп ризику належать люди, що вживають

наркотики, ведуть безладне статеве життя, порушують норми санітарії. У небезпечному становищі опиняються і недосвідчені підлітки.

Особистим захистом від ВІЛ є:

- відсутність ранніх статевих зв'язків;
- відмова від наркотиків;
- використання презерватива;
- знання про шляхи передавання вірусу;
- дотримання норм санітарії.

Дізнайтеся більше

У наш час немає методів лікування СНІДу, які дозволяють повністю вилікувати ВІЛ-інфікованого. Існуючі лікарські препарати дозволяють лише зменшити кількість вірусу в організмі і призупинити руйнування імунної системи. До лікарських препаратів належать противірусні препарати, що руйнують сам вірус, препарати, що зміцнюють імунну систему, лікарські засоби для лікування інфекцій, що виникають унаслідок ослаблення імунної системи.

Опорні точки

Віруси можуть спричиняти захворювання людини різного ступеня тяжкості.

Найбільш надійним способом боротьби з вірусними захворюваннями (зокрема ВІЛ-інфекцією) є профілактика. Принципи профілактики вірусних захворювань ґрунтуються на знаннях про будову й особливості життєвих циклів вірусів. Знаючи особливості поширення вірусів, учені розробляють правила поведінки в місцях, де можна заразитися вірусами.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які принципи профілактики вірусних захворювань ви знаєте?
2. Як здійснюється специфічна профілактика вірусних захворювань?
3. Чому профілактика СНІДу тісно пов'язана зі здоровим способом життя?
4. Що ви знаєте про особливості поведінки в місцях, де можна заразитися вірусами?
5. Які методи вакцинації та імунізації використовуються для профілактики вірусних захворювань?
6. Порівняйте основні шляхи передавання вірусної інфекції.

Теми для проектної і групової роботи

1. Віруси, їхня будова, життєві цикли.
2. Пріони, їхня будова, життєві цикли.
3. Механізми проникнення вірусів у клітини людини, тварин, рослин, бактерій.
4. Способи боротьби з вірусними захворюваннями.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тема 2. Одноклітинні організми

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- одноклітинні прокаріотичні, еукаріотичні та колоніальні організми;
- бактерії та їхню роль у природі й житті людини;
- профілактику бактеріальних хвороб людини.

Навчитеся:

- обґрунтовувати відмінності одноклітинних еукаріотичних організмів та клітин багатоклітинних організмів;
- пояснювати роль бактерій в екосистемах і житті людини;
- застосовувати знання про процеси життєдіяльності бактерій для профілактики інфекційних хвороб.

§ 37. Прокаріоти

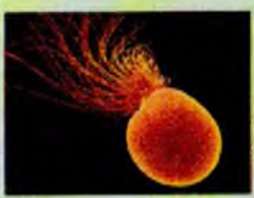
Одноклітинні організми

Існують організми, у яких усі функції живого виконує одна клітина. Вищий рівень організації життя у них клітинний. Фізіологічно клітина одноклітинних організмів — це цілісний організм, якому притаманні всі прояви життя: обмін речовин, подразливість, ріст, розмноження й інші властивості.

Прокаріоти — це прості за будовою одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра. До прокаріотів належать бактерії і ціанобактерії.

Дізнайтеся більше

Унікальними представниками прокаріотичних організмів є архебактерії. Вони можуть існувати в гарячих джерелах за температури понад +100 °С, в океанських глибинах із тиском 260 атм, у насичених сольових розчинах (30 % NaCl), у яких інші організми гинуть. Напевне, архебактерії є дуже давньою групою організмів. Їхні «екстремальні» можливості свідчать про умови, що були характерними для поверхні Землі в архейську еру. Вважають, що архебактерії найбільш близькі до гіпотетичних «проклітин», які пізніше породили все розмаїття життя на Землі.



Архебактерія — єдиний мешканець Мертвого моря

Обмін речовин, енергії та інформації у прокаріотів

Для бактерій характерна значна різноманітність здійснюваних ними у природі перетворень речовин. За типом живлення вони поділяються на автотрофів і гетеротрофів.



Бактерії **автотрофи** синтезують речовини для життєдіяльності із неорганічних речовин. Автотрофні бактерії **хемосинтетики** синтезують органічну речовину з мінеральних сполук за рахунок енергії деяких хімічних реакцій. Наприклад, ґрунтові бактерії окиснюють амоніак до солей нітритної та нітратної кислот і використовують вивільнену енергію. Окиснення бактеріями неорганічних речовин — сірки, амоніаку, нітратів, сполук Феруму, Гідрогену та ін., у процесі якого відбувається синтез органічних речовин із вуглекислоти, називається **хемосинтезом.**

Автотрофні бактерії **фотосинтетики** здатні до фотосинтезу, при якому джерелом Гідрогену для відновлення вуглекислого газу є не вода, а гідроген сульфід.

Існують бактерії, які потребують готових органічних речовин — амінокислот, вуглеводів, вітамінів,— оскільки самі не можуть їх синтезувати. Такі мікроорганізми називаються **гетеротрофами.** Бактерії **сапротрофи** (від грец. *sapros* — гнилий і *trophe* — їжа, живлення) є гетеротрофами, вони використовують мертві органічні субстрати як джерело живлення. **Бактерії-паразити** є гетеротрофами і існують за рахунок хазяїна (мал. 37.1). Вони спричиняють інфекційні захворювання. Але є бактерії, які дають організму хазяїна користь. Наприклад, **бактерії-симбіонти** людини становлять її нормальну мікрофлору. Вони живуть у кишечнику, на шкірі, на слизових оболонках, забезпечуючи захист, беручи участь у перетравлюванні їжі й синтезі деяких необхідних людині вітамінів.

Дізнайтеся більше

Місцем найбільшого скупчення бактерій-симбіонтів в організмі людини є система травлення. Мікрофлора кишечнику налічує 100 трильйонів бактеріальних клітин. Кількість мікроорганізмів у кишечнику людини істотно переважає кількість її власних клітин, які формують організм.

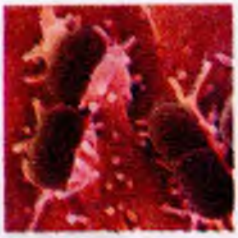
Перші бактерії потрапляють в організм дитини з першим у її житті молоком матері. У міру дорослішання дитини змінює свій склад і мікрофлора її кишечнику.

Кишкова паличка (мал. 37.2) — це гетеротрофна бактерія, яка зазвичай живе у кишечниках людей і тварин. Вона є одним із найтиповіших представників нормальної мікрофлори кишечнику ссавців.

За відношенням до кисню бактерії поділяють на анаеробні й аеробні. **Анаеробні бактерії** для біосинтезу клітини не потребують кисню



Рис. 37.1. Сальмонелла, паразитична бактерія



Мал. 37.2. Бактерія-симбіонт кишкова паличка

з повітря, вони використовують кисень, отриманий у результаті біологічного розкладання води або солей неорганічних сполук. В основному це бактерії гниття. **Бактерії-аероби** можуть жити тільки в середовищі, що містить вільний молекулярний кисень.

Бактерії можуть здійснювати спиртове бродіння (процес окиснення вуглеводів, у результаті якого утворюються етанол, вуглекислий газ і виділяється енергія), молочнокисле бродіння (при якому кінцевим продуктом є молочна кислота), маслянокисле бродіння (перетворення вуглеводів з утворенням масляної кислоти). Ці типи бродіння пов'язані між собою — початкові шляхи розкладання вуглеводів у них однакові.

Процеси дихання і бродіння є основними джерелами енергії, необхідної бактеріям для нормальної життєдіяльності.

Дізнайтеся більше

Оскільки вільний кисень, який є на нашій планеті, утворився в результаті фотосинтезу, що виник на пізніших етапах розвитку життя на Землі, то очевидно, що анаеробний спосіб добування енергії — бродіння — більш давній, ніж процес дихання.

Існують бактерії, які можуть фіксувати атмосферний азот. Ці аеробні **азотфіксуючі бактерії** називають ще **бульбочковими**, тому що вони живуть на коренях бобових рослин в утворених ними бульбочках (мал. 37.3). Це взаємовигідний симбіоз бактерій і рослин. Бактерії засвоюють атмосферний азот і забезпечують ним рослини, а рослини натомість постачають їм поживні речовини. Бульбочкові бактерії є у 10 % рослин, що належать до родини Бобові.

У процесі життєдіяльності бактерії можуть обмінюватися одна з одною спадковою інформацією. При кон'югації клітина-донор передає клітині-реципієнту частину свого геному. Ділянки ДНК донора можуть обмінюватися на гомологічні ділянки ДНК реципієнта.



Мал. 37.3. Бульбочки на коренях бобових рослин

Пригадайте

Кон'югація — це щільне прилягання клітин чи хромосом.

Таким чином від бактерії до бактерії можуть передаватися такі, наприклад, ознаки, як капсулоутворення, синтез необхідних клітині речовин, ферментативна активність, стійкість до отрут, антибіотиків та інших лікарських речовин.

Опорні точки

Прокаріоти — просто побудовані одноклітинні організми, у клітинах яких немає оформленого ядра. До прокаріотів належать бактерії і ціанобактерії.

Бактерії здійснюють у природі велику кількість різноманітних перетворень речовин. Процеси дихання і бродіння є основними джерелами енергії, необхідної бактеріям для нормальної життєдіяльності.

У процесі життєдіяльності бактерії можуть обмінюватися одна з одною спадковою інформацією.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чи можуть бактерії фіксувати азот?
2. Які бактерії-симбіонти ви знаєте?
3. У чому полягають особливості автотрофних бактерій?
4. У чому полягають особливості гетеротрофних бактерій?
5. Чим відрізняються бактерії-аероби від анаеробів?
6. Чи зможе організм людини нормально функціонувати, якщо в ньому зовсім не буде бактерій?

§ 38. Роль бактерій у природі та в житті людини

Роль бактерій в екосистемах

Бактерії відіграють надзвичайно важливу роль у процесах, що відбуваються у природі. Від їхньої життєдіяльності залежить постійність газового складу атмосфери. Вони беруть активну участь у мінералізації органічних сполук, утворюючи необхідні для рослин поживні речовини. Бактерії гниття розкладають білок з утворенням амоніаку, який азотфіксуючі бактерії окиснюють до нітритів, а вже іншими формами до нітратів і вільного азоту.

Ґрунтові бактерії справляють значний вплив на ріст і розвиток рослин (мал. 38.1). Навколо коренів і на коренях рослин розвивається велика кількість бактерій, причому не всіх видів, а лише певних, специфічних для кожного виду рослин. Ця мікрофлора може бути корисною або шкідливою для рослин, залежно від навколишнього середовища і стану самої рослини.

Деякі бактерії є симбіонтами тварин, наприклад, оселяються у травному тракті тварин, забезпечуючи перетравлювання клітковини.

Торф, кам'яне вугілля, нафта, горючий газ — це корисні копалини, в утворенні яких у надрах Землі беруть участь бактерії. Життєдіяльність бактерій зумовлює родючість ґрунтів і лежить в основі самоочищення, що відбувається у природних водоймах.

Найважливіша функція бактерій в екосистемах — це участь у кругообігу речовин, який відбувається у природі безперервно й забезпечує життя на Землі.

Роль бактерій у житті людини

Людина використовує бактерії в харчовій промисловості для отримання продуктів харчування. Так, молочнокислі бактерії широко застосовуються для виробництва кефіру, сметани, сиру (мал. 38.2). За допомогою молочнокислих бактерій відбувається заквашування капусти.



Мал. 38.1. Рухлива ґрунтова бактерія



Мал. 38.2. Продукти, що виробляються за допомогою молочнокислих бактерій



а



б

Мал. 38.3. Рентгенівський знімок людини, хворої на туберкульоз (*а*); паличка Коха, яка є збудником туберкульозу (*б*)

Людина застосовує бактерії у фармацевтичній промисловості для отримання деяких ліків, синтезування біологічно активних речовин — антибіотиків, вітамінів, ферментів, амінокислот.

Бактерії широко застосовуються у промисловості для вилуговування металів із руд, добування різних органічних речовин, наприклад спиртів і кетонів. Стає більш важливим значення бактерій як джерела харчового і кормового білка, а також енергетичних продуктів — метану, водню.

Бактерії також застосовуються у тваринництві, наприклад, для силосування кормів. Утворювана при цьому молочна кислота запобігає розкладанню овочів і корму для худоби. Бактерії використовують для очищення стічних вод та для боротьби із сільськогосподарськими шкідниками.

Мікробіологія дедалі ширше запроваджується у текстильну і шкіряну галузі. Такі технологічні процеси, як вимочування льону, обробка шкіри, не можуть відбуватися без використання продуктів життєдіяльності бактерій.

Проте бактерії можуть не тільки приносити користь, а й завдавати шкоди. Вони розмножуються у харчових продуктах, спричиняючи їх псування. Щоб запобігти розмноженню бактерій, продукти слід зберігати на холоді, можна пастеризувати, висушувати (в'ялити або коптити), солити чи маринувати.

Бактерії спричиняють такі тяжкі захворювання людини, як туберкульоз (мал. 38.3), сибірка, ангіна, харчові отруєння, чума, холера, дифтерія, ботулізм.

Значення мікробіологічної промисловості

Мікробіологічна промисловість — це галузь промисловості, у якій виробничі процеси ґрунтуються на мікробіологічному синтезі цінних

продуктів із різних видів нехарчової сировини: вуглеводнів нафти й газу, гідролізатів (деревини), а також відходів переробки цукрового буряку, кукурудзи, олійних і круп'яних культур.

Мікробіологічна індустрія випускає білково-вітамінні концентрати, амінокислоти, вітаміни, ферментні препарати, антибіотики. Підприємства цієї галузі виробляють біологічно повноцінні комбікорми, засоби для боротьби зі шкідниками і збудниками хвороб рослин, бактеріальні добрива.

Опорні точки

Бактерії беруть участь у кругообігу речовин, мінералізації органічних сполук, утворенні корисних копалин, впливають на постійність газового складу атмосфери, забезпечують родючість ґрунтів, сприяють самоочищенню водойм і багатьом іншим процесам, які відбуваються у природі.

Людина використовує бактерії у народному господарстві, рослинництві, тваринництві, у різних галузях харчової та фармацевтичної промисловості.

Водночас бактерії спричиняють інфекційні захворювання людини, псують продукти харчування, завдають шкоди деяким технологічним процесам.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. В утворенні яких корисних копалин беруть участь бактерії?
2. Як людина може використовувати молочнокислі бактерії?
3. Виробництво яких біологічно активних речовин здійснюється за допомогою бактерій?
4. Як ґрунтові бактерії впливають на ріст і розвиток рослин?
5. Яке значення має розвиток мікробіологічної промисловості для України?
6. Яку роль у природі відіграють азотфіксуючі бактерії?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема. Різноманітність бактерій, їх значення у природі та житті людини

Мета: ознайомитися з різноманітністю бактерій, визначити їх значення у природі і житті людини.

Обладнання та матеріали: мікроскопи, предметні і накривні стекла, піпетки, склянки з водою, туш, готові препарати бактерій, настій різних продуктів (м'яса, риби, білка яйця, овочів).

Підготовчий етап

Для вивчення різноманітності бактерій необхідно заздалегідь приготувати настій із різних матеріалів: м'яса, риби, білка яйця, овочів. Для цього подрібніть невелику кількість матеріалу, покладіть його в колбу, додайте невелику кількість крейди (на кінчику скальпеля) і залийте водопровідною водою на 2/3 об'єму. Колбу з настоєм витримайте у термостаті за температури 25—28 °С або в теплому приміщенні в темряві протягом 3—5 днів. За цей час у середовищі накопичується велика кількість різноманітних бактерій.

Хід роботи

1. Помістіть на предметне скло краплю настою, найбільш багатого на мікрофлору. Приготуйте тимчасовий препарат і розгляньте його при різному збільшенні мікроскопа. Замалюйте бактерії, звертаючи увагу на їхню форму, взаємне розміщення клітин і співвідношення розмірів.
2. Додайте в краплю настою туш, приготуйте тимчасовий препарат. Розгляньте під мікроскопом на загальному темному фоні туші незабарвлені клітини бактерій.
3. Розгляньте постійні препарати бактерій. Замалюйте їх.
4. Зробіть висновок.

§ 39. Профілактика бактеріальних захворювань людини

Шляхи поширення бактеріальних захворювань

Бактеріальні захворювання, як і вірусні, можуть поширюватися різними шляхами: **контактним**, при якому відбувається пряме зіткнення хворої людини зі здоровою; **контактно-побутовим**, при якому передавання інфекції відбувається через предмети домашнього вжитку (білизна, рушник, посуд, іграшки), забруднені виділеннями хворого; **повітряно-краплинним** — через повітря; **водним** — при використанні інфікованої води для пиття, побутових і господарських потреб, а також під час купання.

Нерідко в поширенні бактеріальних інфекцій беруть участь харчові продукти і готова їжа. Хвороботворні бактерії можуть потрапляти

у продукти харчування різними шляхами: через забруднені руки хворого чи носія, під час миття харчових продуктів в інфікованій воді, під час перевезення на випадковому транспорті, при розрізанні харчових продуктів на брудних столах, внаслідок зараження їх мухами, гризунами й іншими переносниками бактеріальних захворювань.

Особливе місце в передаванні бактеріальної інфекції посідає ґрунт, оскільки він є місцем тимчасового перебування збудників деяких захворювань, наприклад правця.

Багато інфекційних хвороб, які спричиняють бактерії, передаються комахами, наприклад кліщами, комарами, мухами.

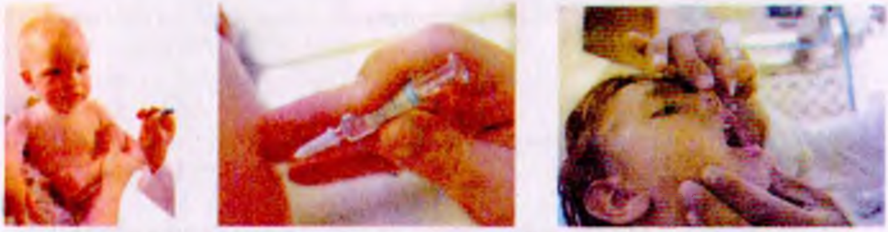
Терміни виживання хвороботворних бактерій у різних середовищах різні. Наприклад, на м'яких іграшках із тканини дифтерійна паличка зберігається довше, ніж на гладеньких поверхнях пластмасових іграшок.

Профілактика бактеріальних захворювань

Профілактичні заходи, спрямовані на запобігання бактеріальним інфекціям, включають раннє виявлення джерел і шляхів передавання інфекції, ізолювання інфекційних хворих, карантинні і дезінфекційні заходи, щеплення. Головне — не допустити подальшого поширення інфекційних захворювань і якомога швидше ліквідувати їх.

Важливим є створення штучного імунітету шляхом вакцинації, яка проводиться, наприклад, проти дифтерії, туберкульозу (мал. 39.1), правця.

В осередку інфекційного захворювання за необхідності проводять **дезінфекцію** з метою знищення чи видалення бактерій з об'єктів зовнішнього середовища, до яких може торкатися людина, а також для знищення кліщів та інших комах, переносників збудників інфекційних захворювань, і **дератизацію** — для знищення гризунів, переносників збудників інфекційних захворювань.



Мал 39.1. Щеплення

Для профілактики інфекційних захворювань необхідно дотримуватися правил особистої гігієни:

— мити руки з милом після роботи і перед уживанням їжі;
— регулярно обмивати тіло в бані, ванні, під душем зі зміною натільної і постільної білизни;
— систематично чистити і струшувати верхній одяг та постільні речі;
— підтримувати чистоту в житлових і робочих приміщеннях;
— чистити меблі та предмети інтер'єру від бруду й пилу, витирати взуття перед входом у приміщення;
— уживати лише перевірені продукти харчування, кип'ячену воду й молоко, промиті кип'яченою водою фрукти й овочі, ретельно проварені м'ясо й рибу.

Залежно від того, яка саме бактеріальна інфекція загрожує, правила можуть бути розширені з урахуванням особливостей збудника інфекції.

Правила застосування антибіотиків для лікування бактеріальних захворювань

Бактеріальні захворювання лікують за допомогою антибіотиків. **Антибіотики призначає тільки лікар!** Саме лікар може дібрати антибіотик з урахуванням імовірного збудника і ступеня його чутливості. Призначаючи антибіотик, лікар обов'язково враховує імовірність алергії в пацієнта, особливості функціонування його нирок і печінки, його вік, тяжкість захворювання й інші особливості.

Важливо застосовувати антибіотики в суворій відповідності до інструкції. Будь-яке порушення цієї інструкції може призвести до негативних для організму наслідків.

Більшість бактеріальних захворювань без застосування антибіотиків вилікувати практично неможливо. Тому дуже важливо завжди виконувати рекомендації лікаря і не відмовлятися від призначеного препарату, пам'ятаючи про те, що будь-яке інфекційне захворювання завжди значно серйозніше, ніж можливі небажані реакції від застосування антибіотиків, що використовуються для його лікування.

Опорні точки

Поширення бактеріальних захворювань відбувається контактним, контактно-побутовим, повітряно-краплинним шляхом і через забруднені воду й продукти.

Профілактичні заходи, спрямовані на запобігання поширенню бактеріальних інфекцій, включають раннє виявлення джерел і шляхів

передавання інфекції, ізолювання інфекційних хворих, карантинні, дезінфекційні й дератизаційні заходи, щеплення.

Антибіотики для лікування бактеріальних захворювань призначає тільки лікар, застосовувати їх слід у суворій відповідності до інструкції.

Запитання для контролю і самоконтролю

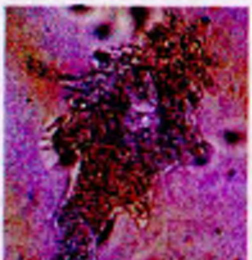
1. Які роботи проводять в осередку бактеріологічного зараження?
2. У чому полягають особливості шляхів поширення бактеріальних захворювань?
3. Яку роль у передаванні бактеріальної інфекції відіграє ґрунт?
4. Яких правил поведінки необхідно дотримуватися в місцях, де можливе зараження бактеріальними інфекціями?
5. • На що спрямовані профілактичні заходи для запобігання поширенню бактеріальних інфекцій?
6. •• Яка роль антибіотиків у лікуванні бактеріальних інфекцій і яких правил щодо їх застосування необхідно дотримуватися?

§ 40. Одноклітинні еукаріоти. Колоніальні організми. Організація колоній одноклітинними еукаріотами

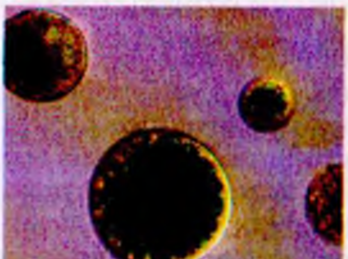
Особливості організації та життєдіяльності одноклітинних еукаріотів

Крім прокаріотів, до одноклітинних організмів належать одноклітинні еукаріоти, серед яких є рослини, тварини і гриби.

За загальним планом будови і набору органел клітини одноклітинних організмів подібні до клітин багатоклітинних організмів. Існують організми одноклітинних тварин з дуже простою будовою, наприклад амеба (мал. 40.1), хлорела (мал. 40.2), і доволі складною, наприклад інфузорія-туфелька (мал. 40.3), ацетабулярія (мал. 40.4).



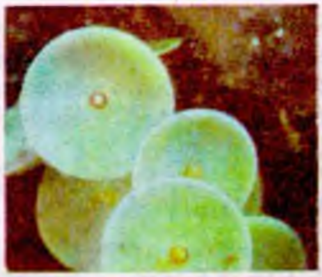
Мал. 40.1. Амеба



Мал. 40.2. Водорість хлорела



Мал. 40.3. Інфузорія-туфелька



Мал. 40.4. Ацетабулярії

Якщо для клітин багатоклітинних організмів характерне диференціювання функцій і неможливість виконувати відразу всі функції живого, то одноклітинні цю здатність зберігають.

Представниками одноклітинних тварин є найпростіші. Їхнє тіло складається з однієї клітини. Представниками найпростіших є, наприклад, прісноводна амеба та інфузорія-туфелька.

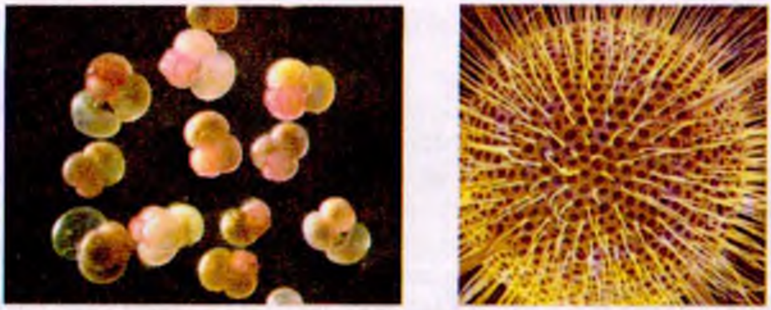
Розміри найпростіших мікроскопічно малі. Їхнє тіло складається із цитоплазми, у якій розрізняють зовнішній шар — ектоплазму, і внутрішній — ендоплазму. У більшості видів клітина ззовні вкрита оболонкою, яка надає одноклітинній тварині постійної форми.

Дізнайтеся більше

До найбільш високоорганізованих одноклітинних тварин належать інфузорії. Органоїдами руху в них є війки, тіло вкрите міцною еластичною оболонкою, яка надає йому постійної форми. У більшості інфузорій два ядра: велике й мале. Велике ядро — вегетативне — регулює процеси руху, живлення, виділення, а також нестатеве розмноження, що здійснюється поперечним поділом клітини навпіл. Мале ядро — генеративне, воно виконує важливу функцію у статевому процесі.

У найпростіших є органели, що виконують функції травлення (травні вакуолі), виділення (скоротливі вакуолі), руху (джгутики, війки), сприйняття світла (світлочутливе вічко) та інші органели, що забезпечують перебіг усіх процесів життєдіяльності. За способом живлення це гетеротрофні організми.

Найпростішим властива подразливість, яка виявляється в різних рухах — таксисах. Розрізняють позитивні таксиси — рухи до подразника, і негативні таксиси — рухи від подразника.



а б

Мал. 40.5. Форамініфери (*а*) та радіолярія (*б*)

Потрапляючи в несприятливі умови, найпростіші утворюють цисту. Інцистування — важлива біологічна риса найпростіших. Воно не лише забезпечує переживання несприятливих умов, а й сприяє широкому розселенню.

Морські одноклітинні тварини, наприклад форамініфери і радіолярії, мають зовнішній скелет у вигляді вапняної мушлі (мал. 40.5).

У природі багато не тільки одноклітинних тварин, а й **одноклітинних рослин і грибів**. Наприклад, серед зелених водоростей до представників одноклітинних належать хламідомонада і хлорела, а серед грибів одноклітинними є дріжджі.

Одноклітинні рослини і тварини є типовими еукаріотичними клітинами, що мають поверхневу мембрану, ядро, мітохондрії, апарат Гольджі, ендоплазматичну сітку, рибосоми, інші органели. Відмінності одноклітинних тварин і рослин виникають у зв'язку з відмінностями способу їх живлення. Для рослинних клітин характерна наявність пластид, вакуолі, клітинної стінки, інших особливостей, пов'язаних із фотосинтезом. Для тваринних клітин характерна наявність глікокаліксу, травних вакуолей, інших особливостей, пов'язаних із гетеротрофним живленням.

У грибів клітина має клітинну стінку, у цьому виявляється схожість грибів із бактеріями і рослинами. Але гриби — гетеротрофи, і це споріднює їх із тваринами.

Одноклітинні еукаріоти розмножуються в основному нестатевим шляхом, але в деяких із них, наприклад в інфузорії-туфельки, спостерігається статевий процес — обмін генетичною інформацією, а в деяких, наприклад у хламідомонади, відбувається статеве розмноження. Нестатеве розмноження відбувається шляхом поділу клітини навпіл за допомогою мітозу. При статевому розмноженні утворюються гамети, які потім зливаються з утворенням зиготи.

Поведінка одноклітинних організмів

Поведінка — це здатність організмів змінювати свої дії, реагуючи на вплив внутрішніх і зовнішніх чинників. Поведінка одноклітинних організмів складається в основному з автоматичних переміщень у бік подразника або від нього — позитивні й негативні таксиси. Таксисом називають спрямоване переміщення окремих клітин, що живуть у природі вільно, під впливом стимулу, що діє однобічно.

Учені виділяють термотаксис (рух під дією теплових стимулів), фототаксис (рух під дією світла), реотаксис (рух проти течії води або струменя повітря), гальванотаксис (рух під дією електричного струму), геотаксис (рух під дією сил гравітації).

Роль одноклітинних організмів у природі й житті людини

Роль одноклітинних еукаріотів у природі та житті людини значна. Вони є учасниками ланцюгів живлення, відіграють важливу роль у ґрунтоутворювальних процесах, деякі з них, відмираючи, утворюють поклади вапняних і сіліцієвих порід, що входять до складу земної кори.

Серед найпростіших є паразити рослин, тварин і людини. Так, малярійний плазмодій, оселяючись в еритроцитах людини, руйнує їх, спричиняючи виникнення тяжкого захворювання — малярії, а дизентерійна амеба, паразитуючи в клітинах стінок товстого кишечнику людини, спричиняє тяжке захворювання кишечнику. Джгутикові трипаносоми і лейшманії (переважно тропічні види) спричиняють такі захворювання, як сонна хвороба і лейшманіози.

Профілактика захворювань людини, які спричиняють паразитичні одноклітинні еукаріоти, включає дотримання правил гігієни, термічну обробку їжі, проведення заходів із переривання життєвого циклу паразита на тій чи іншій його стадії.

Важливу роль у природі відіграють і **одноклітинні водорості**, які є одним з основних постачальників органічної речовини та кисню. Це початкова ланка в ланцюгу живлення мешканців водойм, корм для багатьох тварин.

Людина використовує здатність водоростей очищувати водойми шляхом поглинання розчинених у воді речовин. Водорості збагачують водойми киснем, який виділяють у процесі фотосинтезу. Під дією кисню органічні залишки руйнуються і стічні та забруднені води очищуються. Отже, одноклітинні водорості беруть участь у процесі природного очищення водойм (мал. 40.6).



Мал. 40.6. Одноклітинні водорості у водоймах є постачальниками органічних речовин і кисню



Мал. 40.7. Завдяки дріжджам виготовляють хлібобулочні вироби

Багато видів одноклітинних водоростей поширені в ґрунті й на його поверхні. Вони поліпшують фізичні властивості ґрунту, збагачують його органічними речовинами. Деякі види водоростей виконують функцію біологічного індикатора у визначенні токсичності водойм і ґрунтів унаслідок забруднення гербіцидами чи іншими отрутохімікатами.

Одноклітинні водорості входять до складу лишайників, які сприяли утворенню ґрунту з гірських порід і відіграли велику роль у заселенні суходолу.

Людина використовує у своїй господарській діяльності одноклітинні гриби. Так, спеціальні види дріжджів, що виділяють багато карбон(IV) оксиду, використовуються у хлібопекарнях для піднімання тіста (мал. 40.7). Дріжджі також застосовують у виробництві лимонної кислоти. Одноклітинні гриби відіграють велику роль у кругообігу речовин у природі.

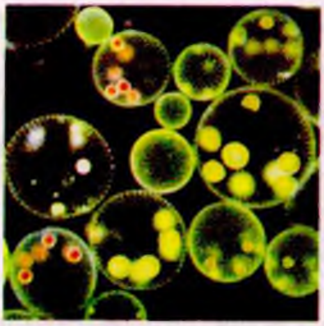
Організація колоній одноклітинними еукаріотами

Клітини одноклітинних організмів можуть об'єднуватися в колонії для спільного виконання життєвих функцій. Але при цьому кожна клітина колонії, як і раніше, може сама виконувати всі функції живого і є окремим самостійним організмом.

Одними із представників колоніальних організмів є колоніальні зелені водорості, наприклад вольвокс. Дуже поширені колоніальні форми й серед інших груп водоростей — діатомових, золотистих. З-поміж гетеротрофних джгутиконосців та інфузорій також чимало колоніальних форм, існують колоніальні радіолярії.

Умови життя клітин у колонії різні. Одні живуть у середині колонії, інші на периферії.

У примітивних колоніях спостерігається рівномірне розміщення клітин у товщі слизу, що їх об'єднує, а в більш високоорганізованих



Мал. 40.8. Колонія вольвокс

колоніях відбувається певне диференціювання, при якому клітини відходять до периферії колонії.

Колоніальні організми, що належать до роду вольвокс (мал. 40.8), мають вигляд слизових кульок діаметром до 2 мм, у периферичному шарі яких розміщено до 50 тис. клітин із джгутиками. Ці клітини зрослися своїми бічними стінками одна з одною і з'єднані плазмодесмами — цитоплазматичними містками. Внутрішня порожнина кулі заповнена рідким слизом.

Завдяки рухові джгутиків вольвокс перекочується у воді. Назва вольвокс означає «той, що котиться». Кожна клітина має вигляд самостійного найпростішого організму. Та оскільки вони утворюють колонію, то можлива узгоджена робота джгутиків усіє колонії.

Давні колоніальні форми, утворені одноклітинними еукаріотами, є проміжною ланкою між одноклітинними й багатоклітинними організмами. Клітини багатоклітинних організмів диференціюються і вже не можуть існувати поза межами організму. Їх об'єднання є більш повним, ніж те, що характерне для колоній. Виконувати всі функції цілісного організму клітина багатоклітинних організмів не може, вона повністю залежить від інших клітин і структур організму.

Опорні точки

В одноклітинних еукаріотів усі функції живого організму виконує одна клітина. Окрема клітина одноклітинних організмів — це цілісний організм, котрому притаманні всі прояви життя: обмін речовин, подразливість, ріст, розмноження та інші властивості живого.

Клітини одноклітинних організмів можуть об'єднуватися у колонії для спільного виконання життєвих функцій, але при цьому кожна клітина може сама виконувати всі функції живого.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які організми називають колоніальними?
2. Яку роль відіграють у природі одноклітинні еукаріоти?
3. У чому полягають особливості клітин колоніальних організмів?
4. Як організована колонія представників роду вольвокс?
5. Чим колоніальні організми відрізняються від багатоклітинних організмів?
6. • Чим примітивні колонії відрізняються від більш високоорганізованих?
7. • Як будова одноклітинних рослин пов'язана з їхніми життєвими функціями?
8. •• Яку еволюційну роль відіграли колоніальні організми?

Теми для проектної і групової роботи

1. Роль бактерій у природі та житті людини.
2. Профілактика бактеріальних захворювань людини.
3. Значення бактерій у господарській діяльності людини.
4. Значення мікробіологічної промисловості.
5. Роль одноклітинних грибів у природі й господарстві.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тема 3. Багатоклітинні організми. Взаємодія клітин. Тканини

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся про:

- багатоклітинні організми без справжніх тканин та зі справжніми тканинами, колонії багатоклітинних організмів;
- будову і функції тканин та використання гістотехнологій;
- органи багатоклітинних організмів і регуляцію їхніх функцій.

Навчитеся:

- характеризувати типи тканин рослин і тварин, пояснювати взаємозв'язок їхньої будови і функцій;
- розуміти принципи організації та функціонування багатоклітинних організмів;
- пояснювати значення процесу диференціювання клітин, утворення тканин і органів;
- застосовувати знання про регуляцію функцій організму людини для збереження власного здоров'я.

§ 41. Багатоклітинні організми. Взаємодія клітин. Багатоклітинні організми без справжніх тканин

Особливості організації і життєдіяльності багатоклітинних організмів

До багатоклітинних належать ті організми, тіло яких складається з багатьох клітин і їх похідних, наприклад різних видів міжклітинної речовини. Характерною ознакою багатоклітинних організмів є якісна нерівноцінність клітин, які становлять тіло, їх диференціювання й об'єднання у комплекси різної складності — тканини, органи, фізіологічні системи, що виконують різні функції в цілісному організмі. Для багатоклітинних організмів характерний також індивідуальний розвиток — онтогенез, що починається в більшості випадків із поділу й диференціювання однієї клітини, наприклад зиготи чи спори. Серед багатоклітинних еукаріотів є тварини, рослини, гриби (мал. 41.1)





Мал. 41.1. Багатоклітинні організми

Пристосовані до виконання певних функцій, клітини багатоклітинних організмів не можуть виконувати решти функцій і для нормальної життєдіяльності користуються результатами роботи інших клітин. Наприклад, клітини кишечнику беруть участь у процесах травлення, забезпечуючи всі клітини поживними речовинами, але самі потребують кисню, який їм постачають еритроцити.

Клітини багатоклітинного організму взаємопов'язані, взаємозалежні й постійно підтримують зв'язок одна з одною. Вони можуть перебувати в безпосередньому контакті й обмінюватися сигналами на відстані, синтезуючи спеціальні хімічні речовини.

Пригадайте

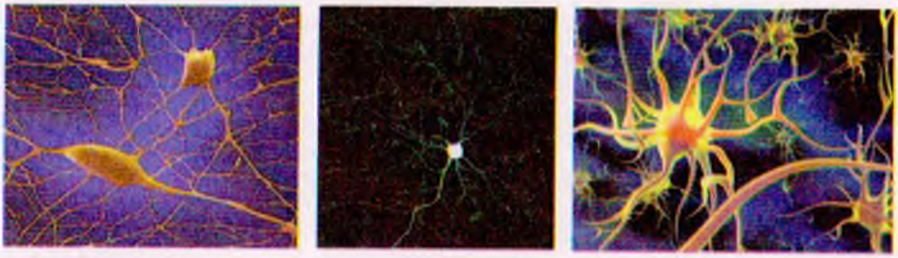
Онтогенез — це індивідуальний розвиток організму.

Взаємодія клітин

Велику кількість процесів, що відбуваються в багатоклітинних організмах, контролюють гормони. У людини й інших ссавців їх відомо кілька десятків. Гормони є не лише у хребетних, а й у високорозвинених безхребетних тварин: молюсків, ракоподібних, комах.

Клітини рослин також можуть виробляти гормони (фітогормони), які регулюють і координують індивідуальний розвиток: ауксини, гібереліни, цитокініни. Фітогормони виробляються в тканинах, що ростуть інтенсивно: у кінчиках коренів, верхівках стебел, у молодих листках, а потім током рідини переносяться до інших частин рослини, стимулюючи їхній ріст і розвиток.

Особливу роль у регуляції функцій відіграють нейрони — клітини нервової системи (мал. 41.2). Вони передають одна одній сигнали як за допомогою прямої електричної взаємодії через спеціальні клітинні контакти, так і через хімічні речовини — медіатори, що виробляються нервовими і рецепторними клітинами.



Мал. 41.2. Нейрони

Регуляція діяльності клітин багатоклітинного організму виражається і в контролі за участю клітин у мітотичних поділах. У міру розвитку зародка більшість клітин поступово спеціалізуються на виконанні тих чи інших функцій і перестають ділитися.

Клітини, що зберегли в дорослому організмі здатність розмножуватися і диференціюватися у певному напрямі, називаються стовбуровими. Після кожного поділу стовбурової клітини одна з новоутворених починає диференціюватися у спеціалізовану клітину, а друга залишається у стовбуровій лінії.

Дізнайтеся більше

Деякі клітини і в диференційованому стані не втрачають потенційної здатності ділитися і за умови пошкодження частин організму можуть вступити в мітоз. Наприклад, клітини печінки ссавців, які починають ділитися після видалення частини органа.

Цілісність багатоклітинного організму

Багатоклітинний організм є цілісною, саморегульованою системою. До основних принципів його функціональної організації належать: гомеостаз, імунологічна реактивність, саморегуляція, адаптація. Це означає, що організм може підтримувати постійність свого внутрішнього середовища, боротися із чужорідними агентами, координувати діяльність своїх клітин, тканин і органів, виживати в певних умовах навколишнього середовища та пристосовуватись до нього.

Для багатоклітинних організмів характерним є обмін речовин, енергії та інформації, який здійснюється на молекулярному, клітинному, тканинному рівнях і на рівні цілісного організму. Це дозволяє багатоклітинним організмам самозберігатися, рости, розвиватися і самовідтворюватися в певних умовах навколишнього середовища, а також адаптуватися до нього.

Багатоклітинні організми без справжніх тканин

У природі існують примітивні багатоклітинні тварини, у яких немає тканин. Їх об'єднують у підцарство Паразої (від грец. — біля тварин). Єдиний тип цього царства, що зберігся, називається тип Губки.

Губки належать до найбільш примітивних багатоклітинних організмів, які не мають диференційованих тканин і відокремлених органів (мал. 41.3). Ці примітивні багатоклітинні тварини ведуть сидячий спосіб життя, прикріпившись до твердих субстратів у воді. Відомо приблизно 5000 видів, більшість із них — морські.

Клітини губок зв'язані між собою слабко і більшою мірою функціонують незалежно одна від одної. У губок дуже висока здатність до регенерації. Їхнє тіло радіально-симетричне і складається з центральної порожнини, оточеної двошаровою стінкою. Вода входить через пори у стінці в цю порожнину, а звідти виходить назовні через широке устя — на її верхньому кінці. У деяких губок устя редуковане або його немає, що призводить до посилення току води крізь пори. Її рух зумовлений биттям джгутиків, якими забезпечені клітини, що вистилають канали у стінках. Їжа, кисень, статеві продукти і продукти життєдіяльності переносяться цією водою.

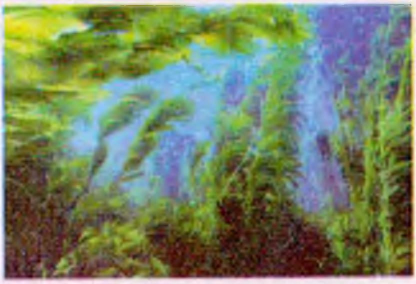
Скелет губок складається з мільйонів мікроскопічних кристалічних спікул (голок) або органічних волокон. Його будова є головним критерієм при розподілі типу на класи.

Є й інші багатоклітинні організми, які не мають тканин, — це водорості (мал. 41.4). Саме тому, що у водоростей немає справжніх тканин, їх виділяють у підцарство Таломні рослини.

У водоростей існує багато типів морфологічної організації їхнього тіла — талома. Наприклад, нитчастий талом утворений простими або розгалуженими нитками, а пластинчастий — клітинами, розміщеними в одній площині. У багатоклітинних водоростей часто наявні ризоїди — вирости талома, які служать для прикріплення до субстрату.



Мал. 41.3. Губки



Мал. 41.4. Водорості

Опорні точки

Багатоклітинні еукаріоти характеризуються якісною нерівноцінністю клітин, диференціацією і об'єднанням клітин у комплекси (тканини, органи), залежністю цих комплексів один від одного, наявністю онтогенезу. Клітини багатоклітинного організму взаємопов'язані, взаємозалежні і постійно підтримують зв'язок одна з одною.

Багатоклітинний організм є цілісною, саморегульованою системою. До основних принципів його функціональної організації належать: гомеостаз, імунологічна реактивність, саморегуляція, адаптація.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості розмноження багатоклітинних організмів?
2. У чому полягають переваги статевого розмноження?
3. Які характеристики мають багатоклітинні організми?
4. Як здійснюється взаємодія клітин багатоклітинних організмів?
5. Що являють собою багатоклітинні організми, які не мають справжніх тканин?
6. Які основні принципи структурно-функціональної організації багатоклітинних організмів?

§ 42. Тканини. Багатоклітинні організми зі справжніми тканинами

Будова і функції тканин

Тканиною називають групу клітин, схожих за формою, розмірами, функціями, походженням, продуктами своєї життєдіяльності. У всіх рослин і тварин, за винятком найбільш примітивних, тіло складається із тканин. У вищих рослин і високоорганізованих тварин тканини вирізняються значною структурно-функціональною різноманітністю і складністю своїх продуктів. Взаємодіючи одна з одною, різні тканини утворюють окремі органи тіла.

Тканини тварин вивчає наука **гістологія. Анатомія рослин** досліджує рослинні тканини. Для вивчення тканин учені використовують техніку заморожених зрізів, фазово-контрастну мікроскопію, гістохімічний аналіз, культивування тканин, електронну мікроскопію.

У тварин виділяють епітеліальну, сполучну, м'язову і нервову тканини. У рослин вирізняють твірну, покривну, основну, провідну, механічну та інші тканини.

Будова тканин тісно пов'язана з їхніми функціями. Цей взаємозв'язок простежується і у тваринних, і у рослинних тканин.

Значення процесу диференціювання клітин. Стовбурові клітини

Тканини як системи, що складаються із клітин та їх похідних, виникли з появою багатоклітинних організмів. У міру їх історичного розвитку відбувалося закріплення властивостей окремих тканин.

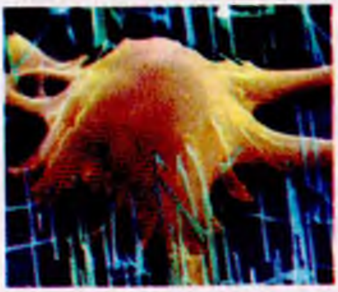
Розвиток тканин в онтогенезі відбувається внаслідок **диференціювання** клітин. Під диференціюванням розуміють зміни у структурі клітин у результаті їх спеціалізації. Вибір шляху диференціації клітин визначається міжклітинною взаємодією.

Для тканин характерна властивість **регенерації** (відновлення). Розрізняють регенерацію фізіологічну, яка здійснюється постійно у здоровому організмі, і репаративну — унаслідок ушкодження. У різних тканин можливості регенерації неоднакові. У деяких тканин загибель клітин генетично запрограмована і здійснюється постійно, наприклад у багатошаровому зроговілому епітелії шкіри.

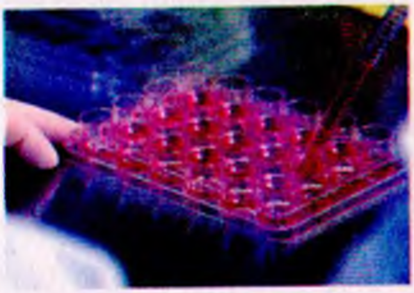
Клітини, здатні трансформуватися в різні типи біологічних тканин в організмі, називають **стовбуровими**. Стовбурові клітини мають деякі спільні характеристики, що відрізняють їх від інших клітин. Вони здатні самі підтримувати свої властивості і якості, диференціюватися в різні спеціалізовані клітини. Завдяки цьому стовбурові клітини дозволяють відновлювати всі функціональні елементи тканини.

Відкриття стовбурових клітин змінило уявлення учених про організацію тканин і про механізми відновлювальних процесів у них. З'явилася надія за допомогою стовбурових клітин позбутися хвороб, пов'язаних із незворотним пошкодженням тканин. Це, наприклад, хвороба Альцгеймера, при якій деградує тканина мозку; діабет, спричинений порушенням острівців Лангерганса у підшлунковій залозі; цироз, пов'язаний із переродженням тканини печінки.

Щоб пересаджувати стовбурові клітини, їх необхідно вміти вирощувати і вирізняти, але зробити це дуже складно (мал. 42.1, 42.2).



Мал. 42.1. Стовбурові клітини



Мал. 42.2. Вирощування стовбурових клітин



Мал. 42.3. Кишковопорожнинні

Багатоклітинні організми зі справжніми тканинами

Вважають, що першими тваринними організмами, у яких з'явилися примітивні тканини, були кишковопорожнинні. До них належать гідроїдні, сцифоїдні медузи і коралові поліпи.

Кишковопорожнинні — це найбільш низькоорганізовані багатоклітинні тварини (мал. 42.3). Тіло кишковопорожнинних складається із двох шарів клітин — ектодерми і ентодерми, між якими є більш чи менш розвинутий неклітинний шар, який називається мезоглія. Свою назву ці тварини дістали через те, що в них є тільки одна порожнина, яка називається кишковою.

Усі тришарові тварини, що складаються з трьох зародкових листків — ектодерми, мезодерми та ентодерми, мають складніші тканини, ніж кишковопорожнинні.

У рослин тканини з'явилися у зв'язку з виходом на суходіл і необхідністю пристосовуватися до нових наземно-повітряних умов середовища. У процесі еволюції вищих рослин відбувалося ускладнення їхніх тканин і органів.

Опорні точки

Тканиною називають групу клітин, схожих за формою, розмірами, функціями, походженням, продуктами своєї життєдіяльності. Взаємодіючи одна з одною, різні тканини утворюють окремі органи тіла. У тварин виділяють епітеліальну, сполучну, м'язову і нервову тканини. У рослин вирізняють твірну, покривну, основну, провідну, механічну та інші тканини.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Як учені вивчають структурно-функціональну організацію тканин?
2. Завдяки якій здатності стовбурові клітини дозволяють відновлювати всі функціональні елементи тканини?

3. У зв'язку з чим у рослин з'явилися спеціалізовані тканини?
4. У чому полягає значення процесу диференціювання клітин при утворенні тканин?
5. Що ви знаєте про регенерацію тканин?
6. Яке значення можуть мати стовбурові клітини для лікування хвороб, пов'язаних із незворотним пошкодженням тканин?

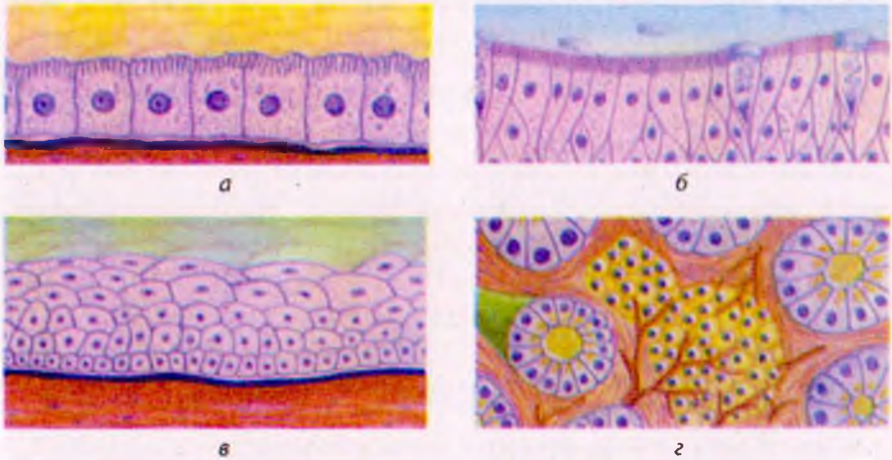
§ 43. Будова і функції тканин тваринного організму

Тканини тварин

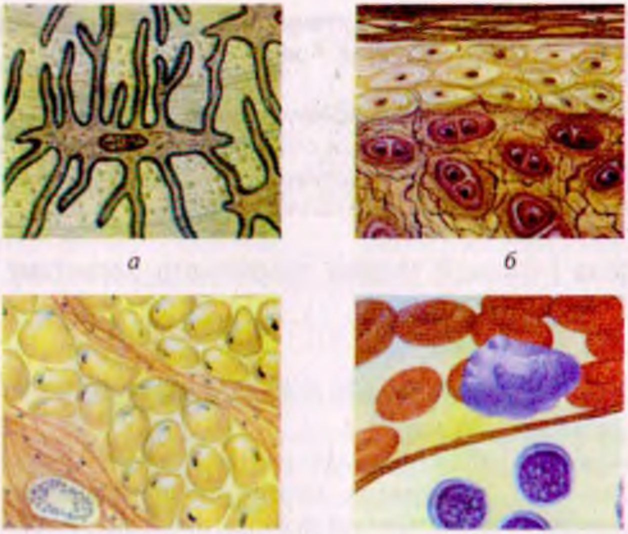
В організмі тварин виділяють чотири типи тканин: епітеліальну, сполучну, м'язову і нервову.

Епітеліальна тканина (епітелій) укриває поверхню тіла, вистилає слизові оболонки порожнистих органів травної системи, дихальної системи, сечостатевого апарату й утворює залозисту паренхіму залоз зовнішньої і внутрішньої секреції. Епітелій виконує покривну і захисну функції, тому в епітеліальній тканині мало міжклітинної речовини і клітини щільно прилягають одна до одної (мал. 43.1).

Сполучна тканина дуже різноманітна за своєю будовою, але в ній завжди багато міжклітинної речовини (мал. 43.2). Основними функціями сполучної тканини є трофічна (живильна) і опорна функції. До сполучної тканини належить кров, лімфа, хрящова, кісткова і жирова тканини.



Мал. 43.1. Види епітеліальної тканини:
а — одношарова; *б* — війчаста; *в* — багатошарова; *г* — залозиста



а *б* *в* *г*

Мал. 43.2. Види сполучної тканини:
а — кісткова; *б* — хрящова; *в* — жирова; *г* — кров і лімфа

М'язова тканина здійснює рухові процеси в організмі тварин і людини. Вона утворена м'язовими волокнами, у цитоплазмі яких є дуже тонкі нитки, що можуть скорочуватися (мал. 43.3).

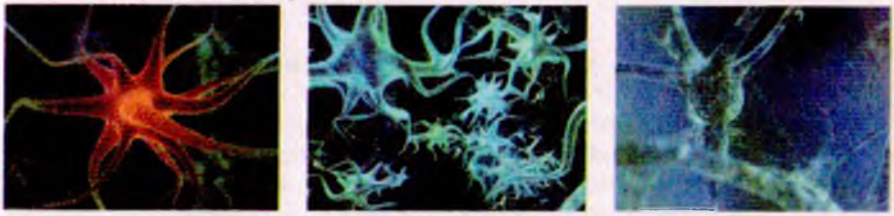
Розрізняють гладку (непосмуговану) м'язову тканину, поперечносмугасту скелетну (посмуговану) і серцеву поперечносмугасту (покреслену) м'язові тканини.

Гладка м'язова тканина входить до складу стінок внутрішніх органів, а з поперечносмугастої м'язової тканини складаються скелетні м'язи і м'язи серця.



а *б* *в*

Мал. 43.3. Види м'язової тканини: *а* — гладенька;
б — поперечносмугаста серцева; *в* — поперечносмугаста скелетна



Мал. 43.4. Нервова тканина

Нервова тканина складається із нервових клітин — нейронів і нейроглій, які утворюють нервову систему (мал. 43.4).

Основною одиницею нервової системи є **нейрон**, що має тіло і відростки різної довжини. За кількістю відростків виділяють уніполярні нейрони з одним відростком, біполярні — з двома відростками і мультиполярні — з кількома відростками.

Серед відростків нейрона один, найдовший, називається **аксоном**. Його кінцевий апарат закінчується на іншій нервовій клітині, на м'язових клітинах (волокнах) чи на клітинах залозистої тканини. По аксону нервовий імпульс рухається від тіла нервової клітини до робочих органів — м'яза, залози або до наступної нервової клітини. Аксони утворюють нервові волокна.

Інші відростки нейрона називаються **дендритами**. Вони короткі, галузисті. Їхні закінчення сприймають нервове подразнення і проводять нервовий імпульс до тіла нейрона.

Основною властивістю нейрона є здатність збуджуватися і проводити це збудження по нервових волокнах.

Клітини нейроглії виконують опорну, живильну, захисну й інші функції. Ці клітини вистилають порожнини головного мозку і спинномозковий канал, утворюють опорний апарат центральної нервової системи й оточують тіла нейронів та їхні відростки.

Тканина являє собою біологічну систему, але самі тканини виступають компонентами більш складних біологічних систем — органів.

Утворення тканин тварин, їхня регенерація

Утворення тканин (гістогенез) у тварин відбувається з ектодерми, ентодерми, мезодерми і мезенхіми в період ембріогенезу, а основними елементами тканин є клітини та їхні похідні у вигляді неклітинних структур.

Регенерація — утворення нових структур замість видалених або загиблих у результаті пошкодження чи втрачених у процесі життєдіяльності.

Пригадайте

Ембріогенез — зародковий розвиток організму.

У багатьох безхребетних можлива регенерація цілого організму з частини тіла. У високоорганізованих тварин це неможливо — регенерують лише окремі тканини, органи чи їхні частини.

Регенерація може здійснюватися шляхом росту тканин на рановій поверхні, перебудови частини органа, що залишилася, на новий або шляхом росту залишку органа без зміни його форми.

Регенерація залежить від рівня організації тварини і від багатьох інших чинників.

Опорні точки

В організмі тварин існують чотири типи тканин: епітеліальна, сполучна, м'язова й нервова. Епітеліальна тканина виконує покривну, захисну й секреторну функції. Основними функціями сполучної тканини є трофічна (живильна) й опорна. М'язова тканина здійснює рухові процеси в організмі тварин і людини. Нервова тканина складається із нервових клітин — нейронів, що утворюють нервову систему — основну регуляторну систему тваринного організму.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Які типи тканин характерні для тваринного організму? У чому полягають їх особливості?
2. Яка м'язова тканина входить до складу стінок внутрішніх органів?*
3. Які функції виконує епітеліальна тканина?
4. За яким критерієм поєднуються сполучні тканини?
5. Як структура нервової тканини пов'язана з її функцією?
6. Чим сполучні тканини відрізняються від епітеліальних?
7. У чому полягають особливості регенерації у тварин?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

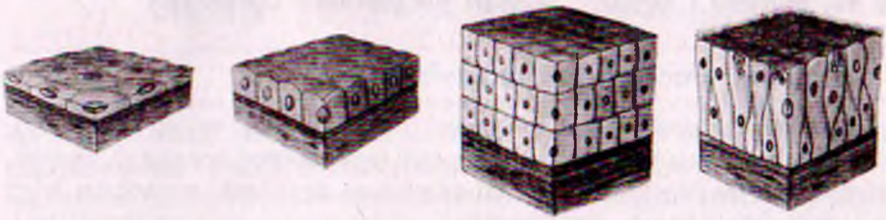
Тема. Будова тканин тваринного організму

Мета: узагальнити і систематизувати знання про будову та функції тканин тваринного організму.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати епітеліальної, сполучної, нервової і м'язової тканин; мікрофотографії цих тканин.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини епітеліальної тканини. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на форму клітин, взаємне розміщення клітин і міжклітинної речовини. Замалюйте побачене. Порівняйте з іншими видами епітеліальної тканини, поданими на малюнку.



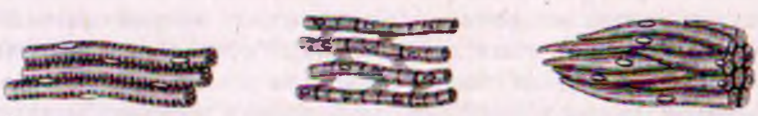
плоска одношарова; кубічна одношарова; кубічна багатошарова; війчаста багатошарова

3. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини сполучної тканини. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на форму клітин, взаємне розміщення клітин і міжклітинної речовини. Намалюйте побачене. Порівняйте з іншими видами сполучної тканини, поданими на малюнку.



волокниста; хрящова; кісткова

4. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини м'язової тканини. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на форму клітин та їх взаємне розміщення. Замалюйте побачене. Порівняйте з іншими видами м'язової тканини, поданими на малюнку.



поперечносмугаста скелетна; поперечносмугаста серцева; гладенька

5. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини нервової тканини. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Зверніть увагу на форму клітин та взаємне їх розміщення. Замалюйте побачене.
6. Зробіть висновок відповідно до мети лабораторної роботи.

§ 44. Будова і функції тканин рослинного організму

Тканини рослинного організму

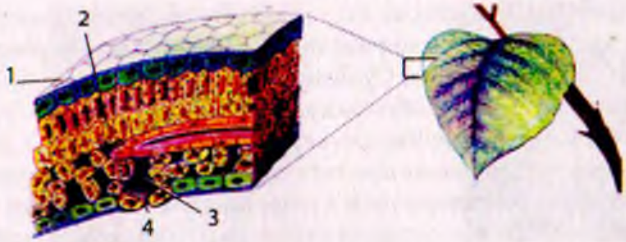
У рослинах спостерігаються такі групи тканин: твірні (дають початок усім іншим тканинам), покривні (захищають рослину), опорні, або механічні (протистоять силі тяжіння), провідні (проводять воду й поживні речовини), асиміляційні (забезпечують живлення рослин), запасні (у них запасаються речовини, повітря чи вода), основна тканина (заповнює простір між спеціалізованими тканинами).

Твірні тканини. Функція цих тканин — утворення нових клітин шляхом поділу. Твірна тканина складається з дрібних клітин із великими ядрами і без вакуоль. Клітини цієї тканини постійно діляться. Одна частина дочірніх клітин, доростаючи до розмірів материнської, знову ділиться, а друга частина поступово перетворюється на клітини постійних тканин. **Постійними** називають усі тканини, крім твірних. Клітини постійних тканин зазвичай не можуть ділитися. Твірні тканини розміщуються на кінчику кореня й на верхівці стебла. Вони забезпечують постійний ріст рослини в довжину.

Усередині коренів і стебел є кільце твірної тканини із видовжених клітин. Його називають **камбієм**. Камбій забезпечує розростання коренів і стебел у товщину.

Покривні тканини. Ці тканини вкривають зовні органи рослини і захищають їх від шкідливих впливів навколишнього середовища. Крім того, покривні тканини захищають органи рослин від висихання (мал. 44.1).

У рослин є кілька видів покривних тканин. Листя і молоді зелені стебла вкриті шкірочкою, яка складається з одного шару прозорих клітин. Прозорість покривної тканини дуже важлива, оскільки, захищаючи орган, шкірочка не перешкоджає потраплянню світла у клітини з хлоропластами, що лежать глибше. Захисні властивості шкірочки визначаються тим, що її клітини щільно зімкнені, зовнішня оболонка клітин потовщена, іноді вкрита воском. Це захищає органи від висихання і проникнення всередину грибків і бактерій, які спричиняють хвороби рослин.



Мал. 44.1. Поперечний зріз листкової пластинки: 1 — покривна тканина; 2 — асиміляційна тканина; 3 — міжклітинники; 4 — продих

Проте рослина не може бути повністю відокремленою від повітряного середовища. Їй постійно потрібен кисень для дихання клітин і вуглекислий газ для фотосинтезу. Крім того, рослина постійно випаровує воду. У рослині весь час повинен відбуватися газообмін. Шкірочка не перешкоджає цьому, оскільки в ній є спеціальні утворення для газообміну — продихи.

Продих — це щілина, оточена двома замикальними клітинами, які, на відміну від клітин шкірочки, мають бобоподібну форму. Продихи можуть відкриватися і закриватися. Замикальні клітини при цьому розходяться або зближуються. Під продихами розміщені міжклітинники, по яких повітря доходить до всіх клітин листка або молодого стебла.

У багатьох рослин (особливо деревних) стебло вкрите іншою покривною тканиною — пробкою. Це багатошарова тканина. Клітини її щільно зімкнуті. Їх живий вміст відмирає, порожнини клітин заповнюються повітрям. Пробка — більш надійний захист для рослин, ніж шкірочка.

У деяких дерев (пробковий дуб) шар пробки може бути дуже товстим, до 20—30 см. Газообмін рослин, укритих пробкою, відбувається через сочевички. Сочевички — це розриви у пробці, через які повітря проникає всередину стебла.

Опорні, або **механічні, тканини**. Дуже розчленоване тіло рослини потребує опори. Підтримують і зміцнюють органи рослини опорні тканини. Характерною особливістю цих тканин є сильне потовщення клітинних стінок, які забезпечують виконання їхніх функцій. Часто клітинні оболонки дерев'яніють і живий вміст клітини відмирає. Клітини опорної тканини можуть мати витягнуту форму, тоді їх називають волокнами, але можуть бути й округлими. Проте в будь-якому разі клітинні оболонки цієї тканини дуже товсті.

Провідні тканини. У рослинах є два види провідних тканин. Один вид складається із судин і проводить воду та мінеральні речовини з коренів у листя (мал. 44.2). Цю тканину називають **ксилемою**. Другий

вид складається із ситоподібних клітин, які проводять поживні речовини, що утворюються в листі під час фотосинтезу, вниз по рослині. Цю тканину називають **флоемою.** Судини утворюються з ряду клітин, які ростуть, витягуючись, їхні оболонки дерев'яніють, живий вміст відмирає, а поперечні стінки руйнуються. Утворюються трубки, а на місці поперечних перегородок залишаються вузькі обідки, за якими можна визначити, що судини утворилися з ряду клітин. Ситоподібні клітини мають видовжену форму, що сприяє проведенню речовин. У поперечних клітинних оболонках утворюється багато дрібних отворів, що робить їх схожими на сито (звідси й назва клітин). Отвори полегшують проходження поживних речовин з однієї ситоподібної клітини в іншу.

Асиміляційні тканини здійснюють процес фотосинтезу, тому їх ще називають **фотосинтезуючими тканинами** (мал. 44.1). Їхні клітини мають округлу або трохи витягнуту форму. Вони зімкнені або мають міжклітинники. Асиміляційні тканини в основному розміщені в листках, але зелені клітини спостерігаються і в молодих стеблах.

Запасаючі тканини. У цих тканинах відкладаються про запас поживні речовини, які утворилися в асиміляційних тканинах. Клітини цих тканин великі, іноді дуже великі.

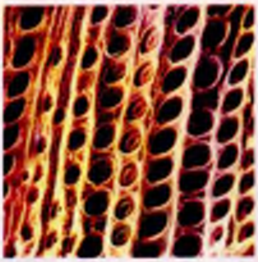
Основна тканина. Клітини цієї тканини заповнюють проміжки між спеціалізованими тканинами. Її клітини можуть бути великими або дрібними, з тонкими чи потовщеними оболонками, щільно зімкненими або з міжклітинниками. Основна тканина в різних органах рослин може виконувати різні функції: асиміляційну, запасаючу, опорну.

Рослинні тканини не існують самі по собі, вони об'єднуються в органи, які, у свою чергу, об'єднані в цілісний організм. І вегетативні, і генеративні органи рослин складаються з різних тканин, залежно від того, які функції їм необхідно виконувати.

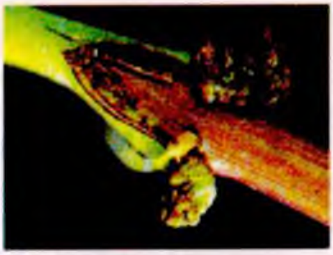
Утворення тканин рослин, їхня регенерація

Ростуть усі тканини й органи рослин за рахунок твірних тканин, які ще називають **меристеми**. Вони тривалий час зберігають здатність до поділу. Важлива властивість клітин меристем полягає в тому, що вони дають початок спеціалізованим клітинам, які утворюють постійні тканини — покривні, основні, провідні, механічні, видільні.

Залежно від розподілу на тілі рослини, що формується, виділяють чотири види меристем. **Верхівкові меристеми** забезпечують ріст пагонів і коренів у довжину. **Бічні меристеми** зумовлюють наростання стебел і коренів у товщину. **Вставні**, або **інтеркалярні, меристеми** тимчасово зберігаються у міжвузлях стебла і в основах молодих листків, забезпечуючи ріст цих ділянок, але потім перетворюються на постійні тканини. **Раневі**, або **травматичні, меристеми** виникають у місцях пошкодження рослини, де утворюють захисний калус (мал. 44.3).



Мал. 44.2. Судини — складова частина ксилеми



Мал. 44.3. Захисний калус

Шар захисної тканини, що утворюється на зрізі стеблового чи листкового черешка, зрізаного для розмноження, теж є калусом.

Регенерація у рослин може відбуватися на місці втраченої частини організму або на іншому місці. Наприклад, при відрізанні верхівки пагона починають посилено розвиватися бічні пагони.

Розмноження рослин черешками — це типовий випадок регенерації, при якому з невеликої вегетативної частини відновлюється ціла рослина.

Регенерація рослин лежить в основі однієї з форм вегетативного розмноження і має важливе значення для рослинництва, плодівництва, лісівництва, декоративного садівництва.

Опорні точки

Тканини рослин виконують багато функцій. Твірні дають початок усім іншим тканинам, покривні захищають рослину, опорні, або механічні, протистоять силі тяжіння, провідні проводять воду і поживні речовини, асиміляційні забезпечують живлення рослин, запасаючі створюють запас речовин, повітря або води, основна тканина заповнює простір між спеціалізованими тканинами.

Усі тканини рослин формуються з твірних тканин, які тривалий час зберігають здатність до поділу.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. У чому полягають особливості рослинних тканин?
2. Як структура покривних тканин пов'язана з їхніми функціями?
3. Які функції може виконувати основна тканина?
4. Яку роль відіграють меристеми в житті рослин?
5. Чим ксилема відрізняється від флоеми?
6. У чому полягають особливості регенерації у рослин?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Тема. Будова тканин рослинного організму

Мета: узагальнити й систематизувати знання про будову та функції тканин рослинного організму.

Обладнання та матеріали: світловий мікроскоп, постійні препарати покривної, провідної, механічної, твірної та основної тканини рослин; мікрофотографії цих тканин.

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи.
2. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини твірної тканини кореня. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Замалюйте побачене.
3. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препаратах клітини епідерми листка. Розгляньте цю тканину при великому збільшенні мікроскопа. Замалюйте побачене.
4. Розгляньте препарат поперечного зрізу багаторічного дерев'янистого стебла. Знайдіть пробку й інші елементи кори, ситоподібні трубки, камбій, судини, а також серцевину, річні кільця. Замалюйте побачене.
5. Порівняйте всі розглянуті препарати з малюнками.

Твірна тканина кореня



Будова стебла



Епідерма листка



6. Зробіть висновки.

§ 45. Гістотехнології. Принципи організації і функціонування молекулярного, клітинного і тканинного рівнів життя

Гістотехнології

Одним із напрямів біотехнології, що займається створенням біологічних замісників тканин і органів, є тканинна інженерія, або **гістотехнології**.

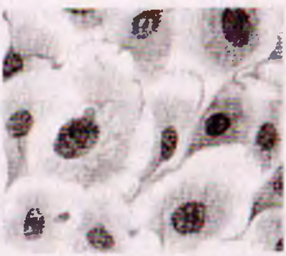
Сучасна тканинна інженерія почала оформлюватися в самостійну дисципліну після праць Д. Р. Волтера і Ф. Р. Мейєра. Цим ученим у 1984 р. вдалося відновити ушкоджену рогівку ока за допомогою пластичного матеріалу, штучно вирощеного з клітин, узятих у пацієнта. Із 1987 р. тканинну інженерію почали вважати новим науковим напрямом у медицині, що ґрунтується на використанні сучасних гістотехнологій.

Тканинна інженерія займається вирощуванням культури тканин (мал. 45.1, 45.2) і на цій основі створенням штучних органів. Цей процес складається з кількох етапів.

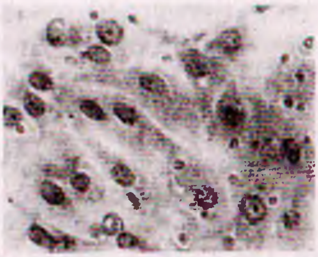
Спочатку відбирають донорський клітинний матеріал, виділяють тканинно-специфічні клітини, потім культивують їх.

До складу тканинно-інженерної конструкції, крім культури клітин, входить спеціальний носій — матриця. Клітини отриманої культури наносяться на матрицю, після чого починається їх культивація. Матриці можуть бути виготовлені з різних біоматеріалів. Більшість біоматеріалів тканинної інженерії легко руйнуються в організмі й заміщуються його власними тканинами.

Першою за допомогою гістотехнологій була отримана штучна печінкова тканина. Інший успішний напрям тканинної інженерії — **реконструкція сполучної тканини**, особливо кісткової. Гладенько-м'язові тканинні конструкції використовують для відтворення таких



Мал. 45.1. Епітеліоподібні клітини в культурі тканини



Мал. 45.2. Первинна культура ниркової тканини мавпи

органів, як сечовід, сечовий міхур, кишкова трубка. Останнім часом значна увага приділяється створенню штучних клапанів серця, реконструкції великих судин і капілярних сіток.

Одним із найбільш важливих напрямів у тканинній інженерії є виготовлення еквівалентів шкіри. Відновлення органів дихання (гортані, трахеї, бронхів), слинних залоз, підшлункової залози також можливе за допомогою тканинних конструкцій.

Одним із найважливіших завдань тканинної інженерії є **відновлення органів і тканин нервової системи**, як центральної, так і периферичної.

Створення штучних органів дозволить успішно лікувати різні захворювання людини, дасть можливість відмовитися від донорських органів.

Але створення штучних тканин пов'язане з багатьма проблемами. Наприклад, клітини під час культивування можуть змінювати свої властивості й перетворюватися з нормальних на близькі за характеристиками до пухлинних. Імовірність такого переродження зростає через стимулювання розмноження клітин. Крім того, сам процес культивування має реальну загрозу зараження клітин. Джерелом інфекції можуть бути живильні середовища, сироватки або порушення регламенту робіт, адже технологія створення тканин досить складна і копітка. Багато проблем виникає всередині організму після пересадження штучних тканин.

Незважаючи на це, тканинна інженерія є найбільш перспективним напрямом у біотехнології, який швидко розвивається.

Принципи організації та функціонування молекулярного, клітинного, тканинного, організмового рівнів життя

Клітини, тканини, органи, системи органів, організми — це біологічні системи, які складаються з елементів. Наприклад, елементами клітини як цілісної системи виступають її органели, взаємозв'язані між собою, елементами тканин тварин є клітини і міжклітинна речовина, а органи є елементами цілісного організму.

Біологічним системам притаманна **ієрархічність**. Це означає, що система одного рівня організації може бути елементом системи вищого рангу.

Наприклад, клітина — це система, що складається з елементів — органел. Але сама клітина може розглядатися як елемент ще складнішої системи — тканини. Тканина — це система, що складається із клітин, але ця сама тканина є елементом ще складнішої системи — органа. Орган — система, яка складається із клітин і тканин, але він же є елементом більш складної системи — організму.

Багатоклітинний організм — це цілісна система, що складається із взаємозв'язаних і взаємозалежних компонентів — клітин, тканин, органів і фізіологічних систем. Жоден компонент багатоклітинного організму не може довго існувати самостійно, оскільки не може виконувати одночасно всіх функцій живого. Взаємозв'язки компонентів, поява між ними відмінностей у процесі взаємодії призводять до взаємної залежності, яка не дозволяє компонентам системи існувати поза нею.

Молекулярний, клітинний, тканинний, організмовий рівні життя мають спільні **принципи організації та функціонування.**

По-перше, вони є відкритими системами і для них характерний обмін речовин.

По-друге, усі живі системи стійкі. Будь-яка жива система може протистояти впливам зовнішнього середовища, використовуючи отримувану ззовні енергію. Живим системам властива адаптація, тобто пристосованість до середовища. Їм притаманний гомеостаз — здатність підтримувати постійність свого внутрішнього середовища.

По-третє, живі системи можуть змінюватися в ході індивідуального й історичного розвитку, тобто еволюціонувати.

Але властивості живих систем на цьому не вичерпуються. Так, живим організмам притаманні спадковість, мінливість, подразливість, циклічність та інші важливі фундаментальні властивості.

Біологічні системи нижчого рівня, наприклад клітини, хоча й підпорядковані системам вищого рівня (організму), але мають певну самостійність, оскільки пов'язані з навколишнім середовищем обміном речовин, енергії та інформації.

Від рівня до рівня спостерігається ускладнення біологічних систем і поява в них нових властивостей і якостей.

Опорні точки

Тканинна інженерія — це один із напрямів біотехнології, який займається створенням біологічних замісників тканин і органів. Створення штучних органів дозволить успішно лікувати різні захворювання людини.

Молекулярний, клітинний, тканинний, організмовий рівні життя мають спільні принципи організації та функціонування.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чи можуть компоненти багатоклітинного організму довго існувати самостійно?
2. Які завдання тканинної інженерії?

3. Чи можна відновити органи дихання за допомогою тканинних конструкцій?
- 4. Які хвороби можна буде лікувати за допомогою методів тканинної інженерії?
- 5. Які проблеми виникають під час створення й використання штучних тканин?
- - 6. Які основні принципи організації та функціонування молекулярного, клітинного, тканинного, організмового рівнів життя?

§ 46. Органи багатоклітинних організмів

Органи і системи органів тварин

Орган — це частина тіла, що має певну форму, займає певне місце в організмі і виконує характерну функцію. Органи складаються з тканин. В утворенні кожного органа беруть участь різні тканини, але одна з них є головною — провідною, робочою. Наприклад, для мозку це нервова тканина, для м'язів — м'язова, для залоз — епітеліальна.

Інші тканини, представлені в органі, виконують допоміжну функцію. Так, епітеліальна тканина вистилає слизові оболонки органів системи травлення, дихальної системи і сечостатевого апарату, а сполучна тканина виконує опорну й живильну функції, утворює сполучнотканинний кістяк органа, м'язова тканина бере участь в утворенні стінок порожнистих органів.

Орган є біологічною системою, але самі органи виступають компонентами більш складних систем, які називаються **фізіологічними системами**.

Системи органів взаємопов'язані і взаємозалежні, а процеси, що в них відбуваються, узгоджені.

Розрізняють такі фізіологічні системи й апарати органів: опорно-руховий апарат, покривна система, система травлення, кровоносна, лімфатична, імунна, дихальна, видільна, статева, ендокринна, нервова системи.

Опорно-руховий апарат складається зі скелета і м'язів. Кістковий скелет — це тверда основа організму (мал. 46.1). До кісток прикріплені скелетні м'язи, за допомогою яких здійснюються різні рухи, наприклад ходіння, біг, фізична робота.

До **покривної системи** належать шкіра і слизові оболонки, що вистилають зсередини порожнини носа, рота, дихальних шляхів і системи травлення. Головна функція покривної системи — захисна.



Мал. 46.1. Опорно-руховий апарат



Мал. 46.2. Система травлення

Система травлення починається порожниною рота, у якій розміщені язик, зуби, слинні залози. Звідти їжа надходить у глотку, а потім у стравохід. Подальше перетравлювання їжі відбувається у шлунку й кишечнику. Перетравлювана їжа піддається впливу травних ферментів, які виробляються у травних залозах. У результаті утворюються речовини, необхідні для побудови тіла, добування енергії, забезпечення діяльності організму (мал. 46.2).

Кровоносна (серцево-судинна) система утворена серцем і кровоносними судинами, по яких кров розноситься до всіх органів і тканин. Кровоносна система забезпечує всі органи поживними речовинами й киснем і видаляє з органів продукти обміну речовин, у тому числі й вуглекислий газ (мал. 46.3).

Рух крові по кровоносних судинах відбувається завдяки скороченням м'язового органа — серця.



Мал. 46.3. Кровоносна система



Мал. 46.4. Лімфатична система

Лімфатична система — це частина серцево-судинної системи, котра доповнює венозну систему (мал. 46.4). Це мережа судин і органів, що є джерелом і переносником клітин, які забезпечують імунітет, а також повертає надлишок тканинної рідини в кров. До структури лімфатичної системи входять лімфатичні капіляри, лімфатичні судини, лімфатичні вузли, лімфатичні стовбури і протоки.

Імунна система — це комплекс анатомічних структур, які забезпечують захист організму від різних інфекційних агентів і продуктів їхньої життєдіяльності, а також тканин і речовин, що виявляють чужорідні антигенні властивості. Імунна система людини включає залози внутрішньої секреції.

Дихальна система бере участь у процесі газообміну, забезпеченні організму киснем і виведенні вуглекислого газу (мал. 46.5).

Видільна система виконує функцію виведення продуктів обміну речовин. Основними органами цієї системи є нирки.

Статева система виконує функцію розмноження. В органах статевої системи формуються чоловічі і жіночі статеві клітини.

Ендокринна система включає різні залози внутрішньої секреції. Кожна з них виробляє і виділяє у кров особливі хімічні речовини — гормони, які беруть участь у регуляції функцій усіх органів.

Нервова система об'єднує всі інші системи, регулює та узгоджує їхню діяльність. Будь-який орган може нормально функціонувати лише за умови збереження його зв'язків із нервовою системою. Крім того, за допомогою нервової системи й органів чуття здійснюється регуляція поведінки організму в навколишньому середовищі.



Мал. 46.5. Дихальна система



Мал. 46.6. Нервова система

Нервова система утворена головним і спинним мозком, від яких відходять нерви, що пронизують усі ділянки тіла. Головний і спинний мозок утворюють центральну нервову систему, а нерви — периферичну (мал. 46.6).

Органи рослин

Корені, стебла і листя забезпечують процеси життєдіяльності, ріст і розвиток рослин — це **вегетативні органи**. Квітки, плоди й насіння виконують функцію розмноження рослин — це **генеративні органи**.

Корінь — осьовий вегетативний орган. Він закріплює рослину у ґрунті (опорна функція), поглинає із ґрунту воду і мінеральні речовини (всмоктувальна функція) і проводить їх у стебло (провідна функція) (мал. 46.7). Крім того, у коренях часто відкладаються про запас поживні речовини (запасаюча функція). У цьому випадку вони потовщуються і перетворюються на коренеплоди (буряк, морква, редиска).

Стебло — теж осьовий вегетативний орган рослин. Він утримує листя, піднімаючи його до світла, а також квітки і плоди, є для них опорою (опорна функція). По стеблу вода і мінеральні речовини рухаються із кореня в листя, а поживні речовини — із листка в корені (провідна функція).

Листок — бічний орган рослин. Листки виконують дві важливі функції: фотосинтезу і випаровування води (мал. 46.8).

Корені, стебла й листки не можуть виконувати свої функції окремо одне від одного. Тільки за умови тісної взаємодії всіх вегетативних органів можливе життя рослинного організму.

Квітки, плоди й насіння виконують функцію розмноження рослин (мал. 46.9). Але цвітіння, дозрівання плодів і насіння неможливе без поживних речовин, які надходять до генеративних органів із вегетативних. Таким чином, робота коренів, стебел і листя створює умови для утворення квіток і плодів, тобто для розмноження рослин.



Мал. 46.7. Корінь



Мал. 46.8. Листок



Мал. 46.9. Квітка

Рослина — це єдина цілісна система, усі частини якої тісно взаємодіють і залежать одна від одної. Для нормальної життєдіяльності рослин необхідний розвиток і взаємозв'язок усіх органів.

Опорні точки

Частина тіла, що має певну форму, визначене місце в організмі й виконує характерну функцію, називається органом.

Органи складаються із тканин. В утворенні кожного органа беруть участь різні тканини. У рослин органи поділяються на вегетативні та генеративні, які є взаємопов'язаними і взаємозалежними компонентами цілісного організму.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чим органи відрізняються від тканин?
2. Які органи утворюють організм тварини?
3. Назвіть системи органів тварин і людини.
4. Які органи організму тварин беруть участь у процесах регуляції?
5. Як взаємопов'язані структура і функції органів рослин?
6. Як взаємопов'язані між собою вегетативні і генеративні органи рослин?

§ 47. Регуляція функцій у багатоклітинних організмів

Регуляція функцій тваринного організму

Фізіологічні процеси відбуваються в організмі тварин і людини узгоджено, тому що існують певні механізми їх регуляції. Основними регуляторними системами організму є нервова й ендокринна системи, у яких використовуються механізми нервової і гуморальної регуляції.

Пригадайте

Гуморальна регуляція (від латин. *humor* — рідина) здійснюється за допомогою хімічних речовин, які надходять від різних органів і тканин тіла у кров і розносяться нею по всьому організму.

Нервова регуляція фізіологічних процесів відбувається за допомогою впливу нервової системи на клітини, тканини й органи. Нервові впливи завжди призначаються певним органам і тканинам та поширюються набагато швидше, ніж хімічні речовини.

Нервовий і гуморальний механізми регуляції функцій тісно пов'язані між собою. На діяльність нервової системи постійно впливають хімічні речовини, які несе кров, а утворення більшості хімічних речовин і виділення їх у кров перебуває під постійним контролем нервової системи.

Регуляція фізіологічних функцій в організмі не може здійснюватися з використанням тільки нервової чи тільки гуморальної регуляції, це єдиний комплекс нейрогуморальної регуляції функцій.

Нервова регуляція — це координуючий вплив нервової системи на клітини, тканини і органи, один з основних механізмів саморегуляції функцій цілісного організму. Нервова регуляція здійснюється за допомогою нервового імпульсу — це хвиля збудження, що поширюється по нервовому волокну. Нервова регуляція швидка і локальна. Така швидкість та адресність особливо важливі при регуляції рухів. У тварин нервова регуляція охоплює всі системи організму.

В основі нервової регуляції лежить рефлекторний принцип регуляції функцій.

Пригадайте

Рефлекс — універсальна форма взаємодії організму з навколишнім середовищем, це реакція організму у відповідь на подразнення, яка здійснюється через центральну нервову систему і нею контролюється.

Структурною основою рефлексу є **рефлекторна дуга** — послідовно з'єднаний ланцюжок нервових клітин, що забезпечує відповідь на подразнення. Усі рефлекси здійснюються завдяки діяльності центральної нервової системи — головного і спинного мозку.

Крім збудження, у нервовій системі здійснюється і гальмування — це два протилежні нервові процеси, взаємодія яких забезпечує діяльність нервової системи, регуляцію роботи органів і систем органів.

Гуморальна регуляція — координація фізіологічних і біохімічних процесів, здійснювана через рідкі середовища організму (кров, лімфу, тканинну рідину) за допомогою біологічно активних речовин, які виділяють клітини, органи і тканини у процесі їхньої життєдіяльності. Гуморальна регуляція підпорядкована нервовій регуляції і становить разом із нею єдину систему нейрогуморальної регуляції функцій організму.

Гуморальна регуляція виникла в процесі еволюції раніше, ніж нервова. Система гуморальної регуляції ускладнювалася у процесі еволюції, у результаті чого виникли залози внутрішньої секреції, які виділяють у кров біологічно активні речовини — гормони.

Нейрогуморальна регуляція відіграє важливу роль у підтриманні відносної постійності складу і властивостей внутрішнього середовища організму та його пристосування до змінюваних умов існування. Відносна динамічна постійність складу і властивостей внутрішнього середовища і стійкість основних фізіологічних функцій організму називається **гомеостазом**. Гомеостаз забезпечується нейрогуморальною регуляцією.

Регуляція функцій рослинного організму

З появою багатоклітинності в рослин розвиваються й удосконалюються міжклітинні системи регуляції, що охоплюють взаємодію клітин, тканин і органів. Вони включають трофічну, гормональну та електрофізіологічну регуляторні системи.

Трофічна регуляція — взаємодія за допомогою поживних речовин — найбільш простий спосіб зв'язку між клітинами, тканинами й органами рослин. У рослин усі органи залежать від надходження продуктів, що утворюються в листках у процесі фотосинтезу. У свою чергу, надземні частини потребують мінеральних речовин і води, які поглинають корені із ґрунту. Трофічна регуляція має кількісний характер. Наприклад, при обмеженому живленні в рослин, як правило, розвиток продовжується відповідно до внутрішніх закономірностей, але в них формуються органи зменшеного розміру, скорочується кількість листків, плодів і насіння.

Більш важливою для рослин є **гормональна регуляція**. Гормональна система — найважливіший чинник регуляції й управління у рослин. Клітини, тканини й органи рослин взаємодіють між собою за допомогою фітогормонів. Фітогормонами є ауксин, цитокініни, гібереліни й інші фізіологічно активні речовини, наявні в рослинних тканинах у дуже низькій концентрації.

Як правило, фітогормони виробляються в одних тканинах, а діють в інших, проте в деяких випадках вони функціонують у тих самих клітинах, де утворюються.

Місце синтезу ауксину — бруньки, що розвиваються, і молоді листочки, які ростуть, звідки ауксин рухається по живих клітинах судин до кінчиків коренів. Цитокініни утворюються в корені й по судинах ксилеми транспортуються в усі частини рослини. Синтез гіберелінів відбувається в листі, звідки вони переносяться в інші частини рослини по ситоподібних трубках флоеми.

Характерною особливістю фітогормонів, що відрізняє їх від інших фізіологічно активних речовин (вітамінів, мікроелементів), є те, що вони реалізують фізіологічні і морфогенетичні програми, наприклад такі, як коренеутворення, достигання плодів.

Усі фітогормони складають єдину гормональну систему.

Електрофізіологічна система регуляції в рослин включає виникнення градієнтів біоелектричних потенціалів між різними частинами рослини і генерацію поширюваних потенціалів. Добре відомим прикладом регулювальної функції електричних імпульсів є рухова реакція у мімози — складання листочків, опускання черешків і гілок під час дотику до них.

Усі три системи регуляції тісно взаємопов'язані. Наприклад, фітогормони впливають на транспортування поживних речовин, а електрична сигналізація діє на транспортування фітогормонів.

Опорні точки

Основними регуляторними системами організму тварин є нервова й ендокринна системи, в яких використовуються механізми нервової та гуморальної регуляції. Обидва механізми діють спільно, формуючи єдиний комплекс нейрогуморальної регуляції функцій систем органів.

Нервова регуляція здійснюється за допомогою рефлексів, а гуморальна — через рідкі середовища організму за допомогою біологічно активних речовин. Нейрогуморальна регуляція відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу.

Системи регуляції в рослин включають трофічну, гормональну та електрофізіологічну регуляторні системи.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Який принцип лежить в основі нервової регуляції?
2. Чим відрізняються нервова і гуморальна регуляція?
3. Чи може регуляція фізіологічних функцій в організмі здійснюватися з використанням тільки нервової регуляції?
4. Які системи регуляції існують у рослин?
5. • Чим системи регуляції в рослин відрізняються від систем регуляції у тварин?
6. •• Які механізми регуляції фізіологічних функцій ви знаєте?

§ 48. Колонії багатоклітинних організмів

Принцип організації колоній багатоклітинних організмів

Колонія — це група особин одного чи кількох видів, що живуть разом, можуть жити самостійно, але іноді виконують різні функції або служать своєрідними органами єдиного цілого.

Особини в колонії мають користь від спільного живлення, близькості до місць добування корму, колективного захисту від хижаків тощо.

Багатоклітинні організми можуть утворювати колонії з кількох особин, більш чи менш тісно зв'язаних між собою, які зазвичай мають однаковий генотип і спільний обмін речовин та системи регуляції. Серед тварин до таких організмів належать багато видів коралових поліпів, моховаток, губок.

Одні колоніальні організми, наприклад моховатки, ведуть прикріплений спосіб життя на нерухомому субстраті і мають більш чи менш розвинутий скелет. Інші, наприклад сифонофори, живуть у товщі води, зазвичай напівпрозорі, скелета не мають.

У колоніях окремі особини займають певне місце і виконують спеціальні функції, важливі для всієї колонії. У сифонофорів, наприклад, функції окремих організмів у колонії різні, а всі разом вони утворюють колонію, яка зовні має вигляд єдиної особини.

Фактично справжня колонія має спільне тіло, що не належить окремо жодній особині, яка входить до його складу. Усі члени колонії можуть мати однакову будову, але частіше спостерігається їх диференціювання за будовою і функціями. Наприклад, одні особини виконують функції живлення, інші — захисту, треті — розмноження. У результаті спеціалізації окремі учасники колонії залежать один від одного настільки, що не можуть існувати поза колонією.

У примітивних колоніях окремі їх учасники обмінюються поживними речовинами, у високоорганізованих колоніях вони можуть ще передавати подразнення, здійснювати узгоджені рухи. Сама колонія може розглядатися як індивід вищого порядку.

З такими колоніями не слід сплутувати родини гуртосімейних тварин, наприклад мурах, бджіл, термітів, окремі члени яких органічно не зв'язані між собою, а також такі гурти тварин, у яких особини хоча й тісно пов'язані одна з одною, але не мають спільного тіла. Колоніальними іноді називають також організми, які ведуть тимчасово або постійно суспільний спосіб життя, але і в цьому випадку йдеться про зовсім інші колонії.

Приклади колоній багатоклітинних організмів

До тварин, що утворюють колонії, належать більшість губок і кишковопорожнинних, практично всі моховатки, багато оболонників і деякі інші тварини. Найбільш цікавими з них, певно, є коралові поліпи і сифонофори.

Коралові поліпи живуть у теплих тропічних морях, де температура води не нижча за +20 °C і на глибинах не більш ніж 20 метрів

є рясний планктон, яким вони живляться. Поліпи нерухомо закріплені на спільному для всієї колонії скелеті і зв'язані між собою живою мембраною, що їх укриває, а іноді і трубками, що пронизують вапняк (мал. 48.1).

Скелет утворюється зовнішнім епітелієм поліпів, причому головним чином їх основою, тому живі особини залишаються на поверхні коралової споруди, а вся вона безперервно росте. Кількість поліпів, що становлять колонію, постійно збільшується шляхом їх нестатевого розмноження — відбрунькування. Такі колонії можуть розтягуватися на десятки кілометрів (мал. 48.2).

Пливучі колоніальні гідроїди учені виділяють в окремий підклас **сифонофорів** (мал. 48.3). Сифонофори прозорі, найчастіше мають райдужне забарвлення. Вони є колоніями, до складу яких входять як особини у вигляді поліпів, так і особини у вигляді медуз.

У колонії сифонофорів окремі особини виконують роль спеціалізованих органів, у результаті чого утворюється певний надорганізм. Угорі колонії розміщується пневматофор — видозмінена медуза, що виконує одночасно роль повітряного міхура, який підтримує всю колонію на плаву, і вітрила, що забезпечує його рух за рахунок вітру. Залозисті клітини ендодерми пневматофора можуть виділяти газ, який дозволяє спливати нагору, а через скорочення його стінок повітря із газової порожнини витискається, так що колонія занурюється на глибину.

Під міхуром на стовбурі колонії розміщуються плавальні дзвони (теж медузи), потім гастрозоїди (мисливці, що збирають їжу), а за ними — гонофори (побудовані як медузи і містять статеві залози).

Живляться сифонофори дрібними організмами, яких ловлять за допомогою особливих арканчиків, по всій довжині густо вкритих жалкими клітинами.



а



б

Мал. 48.1. Коралові поліпи: грибний корал (*а*); гігантська килимова актинія (*б*)



Мал. 48.2. Кораловий атол



а б в

Рис. 48.3. Сифонофори: португальський кораблик (*а*); плавуча філофора (*б*); наномія (*в*)

Колонія сифонофорів може досягати кількох метрів завдовжки.

До сифонофорів належать деякі отруйні форми, смертельно небезпечні для людини, наприклад португальський кораблик. Він водиться у тропічній частині Атлантики, у водах Карибського моря і в Середземному морі. Інколи португальські кораблики потрапляють у Гольфстрім і переносяться цією течією у протоку Ла-Манш.

Португальський кораблик дістав таку назву за яскравий різнокольоровий плавальний міхур, що нагадує вітрило середньовічного португальського судна.

Опорні точки

Багатоклітинні організми можуть утворювати колонії з кількох особин, більш чи менш тісно зв'язаних між собою, зазвичай таких, що мають однаковий генотип і спільний обмін речовин та системи регуляції. Колонія має спільне тіло, яке не належить окремо жодній особині, що входить до її складу. Усі члени колонії можуть мати однакову будову, але частіше спостерігається їх диференціювання за будовою і функціями.

Серед тварин до таких організмів належать різні види коралових поліпів, моховаток, губок.

Запитання для контролю і самоконтролю

1. Чим небезпечний португальський кораблик?
2. У чому полягають особливості колоній коралових поліпів?
3. Які функції можуть виконувати члени колонії?
4. Яку будову мають пливучі колоніальні гідроїди?
5. Чому колонії можна назвати надорганізмами?
6. Якими є принципи організації колоній багатоклітинних організмів?

Теми для проектної і групової роботи

1. Досягнення гістотехнологій.
2. Регуляція функцій у багатоклітинних організмів.
3. Значення процесу диференціювання клітин, утворення тканин і органів.
4. Принципи організації та функціонування багатоклітинних організмів.
5. Регуляторні системи організму людини.

План виконання проектної роботи

1. Визначення мети проекту.
2. Аргументування актуальності теми проекту.
3. Визначення джерел інформації.
4. Опрацювання зібраної інформації, її аналіз та узагальнення.
5. Створення самостійного інформаційного продукту (оригінального тексту).
6. Формулювання висновків.
7. Оформлення результатів проекту (стаття, реферат, доповідь тощо).

Тестова перевірка знань за розділом III. Організмовий рівень організації життя

1. Укажіть, за яких умов віруси виявляють властивості живого:
   а) при нагріванні;
   б) при охолодженні;
   в) при проникненні в клітину хазяїна;
   г) при потраплянні у воду.
2. Укажіть, чим відрізняються складні віруси від простих вірусів:
   а) вони додатково вкриті мембраною;
   б) вони мають у своєму складі вірусну нуклеїнову кислоту;
   в) вони можуть розмножуватися поза клітиною хазяїна;
   г) до їхнього складу не входять білки.
3. Укажіть, яка особливість не характерна для клітин бактерій:
   а) відсутність оточеного оболонкою клітинного ядра;
   б) наявність нуклеоїду;
   в) наявність двомембранних органел;
   г) наявність рибосом.

4. Укажіть, у яких тварин бактерії беруть участь у перетравлюванні рослинної їжі:
   а) лев;
   б) антилопа;
   в) сокіл сапсан;
   г) гепард.
5. Укажіть, у яких випадках можна побачити бактеріальну клітину:
   а) без збільшувальних приладів;
   б) розглядаючи в лупу;
   в) використовуючи світлові мікроскопи;
   г) взагалі неможливо.
6. Укажіть, як називають бактерії, що мають форму палички або циліндра із заокругленими кінцями:
   а) коки;
   б) спірили;
   в) бацили;
   г) спірохети.
7. Укажіть органели, характерні для бактеріальної клітини:
   а) рибосоми;
   б) хромосоми;
   в) лізосоми;
   г) пероксисоми.
8. Укажіть спосіб розмноження, характерний для бактерії:
   а) партеногенез;
   б) андрогенез;
   в) статеве розмноження;
   г) нестатеве розмноження.
9. Укажіть, який спосіб живлення можуть використовувати бактерії:
   а) тільки автотрофний;
   б) тільки хемотрофний;
   в) тільки гетеротрофний;
   г) усі перелічені способи живлення.
10. Укажіть, з якими рослинами можуть вступати в симбіоз азотфіксуючі бактерії:
   а) картопля;
   б) кукурудза;
   в) квасоля;
   г) пирій.

11. Укажіть, у яких галузях виробництва не використовуються бактерії:
а) виробництво сиру;
б) виробництво кисломолочних продуктів;
в) виробництво оцту;
г) виробництво чаю.

12. Укажіть, чим відрізняються покритонасінні рослини від голонасінних:
а) наявністю насіння;
б) наявністю тканин;
в) наявністю кореня;
г) наявністю плодів.

13. Укажіть, чим відрізняються однодольні рослини від дводольних:
а) наявністю квіток;
б) наявністю плодів;
в) наявністю камбію;
г) наявністю подвійного запліднення.

14. Укажіть, яка характеристика відповідає твірній тканині:
а) покриває зверху органи рослини й захищає їх від шкідливих впливів;
б) підтримує і зміцнює органи рослини;
в) складається із дрібних клітин і таких, що швидко діляться, забезпечує постійний ріст рослини в довжину;
г) здійснює транспортування речовин із листя у корінь, а також із кореня в листя.

15. Укажіть правильне розташування шарів на поперечному зрізі стебла:
а) корок — луб — камбій — деревина — серцевина;
б) камбій — корок — луб — серцевина — деревина;
в) корок — деревина — камбій — луб — серцевина;
г) луб — камбій — корок — серцевина — деревина.

16. Укажіть, як називають залози, які не мають власних проток і виділяють свої секрети в кров:
а) залози зовнішньої секреції;
б) залози внутрішньої секреції;
в) слинні залози;
г) потові залози.

17. Укажіть, які тканини не входять до складу кореня:
а) покривні;
б) механічні;

в) провідні;
г) фотосинтезуючі.

18. Укажіть, із чого складаються колоніальні організми:
а) з однієї клітини;
б) різноманітних тканин;
в) групи клітин, схожих за будовою та функціями;
г) органів і тканин.

19. Укажіть водорості, що належать до колоніальних організмів:
а) улотрикс;
б) пандорина;
в) хлорела;
г) ульва.

20. Укажіть, яких тварин називають тришаровими:
а) органи й тканини яких розташовані трьома шарами — нижній, середній і верхній;
б) органи й тканини яких утворені із трьох зародкових листків;
в) до складу тіла яких входять три типи тканин;
г) органи й тканини яких розвиваються з ектодерми й мезодерми.

21. Укажіть, до якої групи тканин належить кров:
а) сполучна;
б) епітеліальна;
в) м'язова;
г) нервова.

22. Укажіть прізвище вченого, який відкрив віруси:
а) Роберт Кох;
б) Д. І. Івановський;
в) І. І. Мечников;
г) Луї Пастер.

23. Укажіть, який вірус був відкритий ученими першим:
а) бактеріофаг;
б) вірус грипу;
в) вірус тютюнової мозаїки;
г) вірус імунодефіциту людини.

24. Установіть відповідність між назвами вірусів та організмами, які вони уражають:

1) ВІЛ;	а) людина;
2) бактеріофаг;	б) гриби;
3) віруси, що спричинюють мозаїки;	в) рослини;
	г) тварини;
4) вірус герпесу.	д) бактерії.

25. Установіть відповідність між назвами гормонів та залозами, які їх виробляють:

1) тироксин;
2) адреналін;
3) мелатонін;
4) вазопресин.

а) епіфіз;
б) підшлункова залоза;
в) щитоподібна залоза;
г) гіпофіз;
д) наднирковики.

26. Установіть відповідність між бактеріями та хворобами, які вони спричиняють:

1) бліда спірохета;
2) паличка Коха;
3) холерний вібріон;
4) дизентерійна паличка.

а) правець;
б) холера;
в) сифіліс;
г) дизентерія;
д) туберкульоз.

27. Установіть відповідність між назвами органів та фізіологічних систем, до яких вони належать:

1) підшлункова залоза;
2) червоний кістковий мозок;
3) наднирковики;
4) нирки.

а) кровоносна система;
б) травна система;
в) імунна система;
г) видільна система;
д) ендокринна система.

28. Укажіть послідовність подій під час інфікування клітини вірусом:

а) дозрівання віріонів і вихід із клітини;
б) приєднання вірусу до клітинної мембрани;
в) перепрограмування клітини й створення нових вірусних компонентів;
г) проникнення вірусу в клітину.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

ЗМІСТ

РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

ТЕМА 1. КЛІТИНА

ТЕМА 2. ЦИТОПЛАЗМА ТА ЇЇ КОМПОНЕНТИ

ТЕМА 2. ОДНОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ

ТЕМА 3. БАГАТОКЛІТИННІ ОРГАНІЗМИ. ВЗАЄМОДІЯ КЛІТИН. ТКАНИНИ

Навчальне видання

ТАГЛІНА Ольга Валентинівна

БІОЛОГІЯ. 10 КЛАС
(рівень стандарту, академічний рівень)
Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів

Наукові редактори: *О. В. Григорович, А. В. Некрасова.*
Редактор *І. Г. Шахова.* Технічний редактор *О. А. Федосєєва.*
Коректори: *Н. Є. Долженко, С. В. Голосна.*
Дизайнер *Ю. Г. Беляєва*

Підписано до друку 26.08.2010. Формат 60×90/16. Папір офсетний.
Гарнітура шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 16,0. Обл.-вид. арк. 17,6.
Зам. № 9507-10. Наклад 203350 (Завод 3: 130001—203350).

ТОВ Видавництво «Ранок». Свідоцтво ДК № 3322 від 26.11.2008.
61071 Харків, вул. Кібальчича, 27, к. 135.

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.
Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.
Для листів: 61045 Харків, а/с 3355. E-mail: office@ranok.kharkov.ua

Надруковано у друкарні ПП «Тріада+»
м. Харків, вул. Киргизька, 19. Тел. 757-98-16, 703-12-21.